



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 a Diciembre de 2019



3 Resumen del Plan de Trabajo

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

Tareas	
ESTUARIO DE BAHIA BLANCA	
1. Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Estuario de Bahía Blanca.....	03
2. Bioindicadores Costeros: Ostras.....	26
MONITOREOS DE APORTES NO INDUSTRIALES	
1. Monitoreo de Arroyos.....	39
2. Monitoreo de la Descarga Cloacal 3 ^{ra} Cuenca.....	44
3. Evaluación del Impacto Bacteriológico de la Descarga Cloacal de la 3 ^{ra} Cuenca en la Zona Interna del Estuario	48
ANEXO.....	54

ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA

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

Durante el 2019 se dio continuidad al Convenio entre la Municipalidad de Bahía Blanca y el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET/UNS), en donde se realizó una campaña de muestreo dentro del "Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca".

El estuario de Bahía Blanca está ubicado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, entre los 38°45' y 39°25' de latitud sur y 61°45' y 62°25' de longitud oeste (Figura I). Tiene una forma alargada en dirección NO-SE, de una longitud de aproximadamente 80 km, con un canal principal y varios canales secundarios que separan extensas planicies de marea e islas (Piccolo *et al.*, 2008). Las características climáticas de esta zona corresponden a un clima seco y templado. Los vientos predominantes son del NO, y soplan con frecuencia e intensidad variables.



Figura I. Ubicación del estuario de Bahía Blanca



La región está surcada por un gran número de canales marinos que desaguan en el Canal Principal de Navegación, el cual se destaca claramente en bajamar, con unos 400 km² de superficie, mientras que en condiciones de pleamar las aguas cubren una superficie próxima a los 2300 km² (Marcovecchio y Ferrer, 2005).

La característica general de la Bahía es la presencia de numerosos canales y la típica composición de sus sedimentos, limosos en su nacimiento y predominantemente arenosos en la boca, con variaciones en la proporción limo-arcillosa a arcillo-limosa entre ambas zonas (Cuadrado *et al.*, 2004).

La hidrografía del área está afectada por cambios climatológicos y la cuenca interna del sistema presenta características estuariales transitorias en períodos de precipitaciones intensas (Piccolo *et al.*, 2008). La salinidad del agua varía entre 17 y 38 en función a los regímenes estacionales de lluvias, vientos y temperaturas (Freije *et al.*, 2008). Las oscilaciones de marea de 4 m y los vientos predominantes del noroeste crean una fuerte corriente de marea, la cual facilita la mezcla del agua dando por resultado una distribución verticalmente uniforme de los parámetros oceanográficos. El intercambio de agua está influenciado por un régimen de mareas semidiurno y la entrada de agua dulce está restringida a pequeñas corrientes, arroyos y ríos. Los canales de la Ballena, Maldonado y el arroyo Galván desaguan en el veril norte del Canal Principal de Navegación mientras que en el veril sur se vierten los canales Bermejo, Tres Brazas, de la Lista y del Embudo, y los arroyos Laborde, de las Vizcachas y Cabeza de Buey (Figura I).

Sobre la costa norte de la Bahía, se encuentran los asentamientos urbanos de Gral. Cerri, Ing. White, Punta Alta y Bahía Blanca, esta última con una población que excede los 350.000 habitantes, y los puertos Ing. White, Galván, Rosales y la Base Naval Puerto Belgrano. El canal principal es navegado por embarcaciones pesqueras, buques de carga y de transporte de combustibles y cereales principalmente.

La costa sur de la Bahía no posee límites bien definidos ya que varía totalmente con el estado de mareas y en ella se encuentran gran número de islas e islotes; la zona interior de la Bahía se continúa por el Salitral de la Vidriera o de Garnica que penetra en el continente en la dirección NO y se observan en ella lagunas y salinas (Perillo *et al.*, 2001).

Las principales vías de acceso de materiales y sustancias de origen antrópico a este sistema son efluentes de los núcleos urbanos, así como de origen industrial (el polo industrial se compone en su mayoría de refinerías, plantas petroquímicas y fábricas de productos sintéticos) o generados por otras industrias asentadas en la región (lavaderos de lanas, plantas textiles, silos y molinos cerealeros, curtiembres y frigoríficos, e industrias relacionadas) (Marcovecchio *et al.*, 2001). Todos estos residuos ingresan al estuario a través de los cursos de agua dulce que desaguan en la Bahía.

Además, y a través de las actividades de refinerías e industrias petroquímicas, así como del almacenamiento y transporte de petróleo y combustibles derivados, ingresan al sistema compuestos orgánicos de distintos tipos (Perillo *et al.*, 2006). El dragado del Canal Principal de Navegación es otra de las actividades importantes en el área que inciden en el transporte de sustancias potencialmente contaminantes (Marcovecchio, 2000). Por último, vale la pena destacar que existe un continuo aporte atmosférico de sustancias, proveniente de la utilización de combustibles fósiles, humos y partículas en suspensión producto de actividades industriales y urbanas (Arias *et al.*, 2010). En 2019, el Programa de Monitoreo tendiente a evaluar la Calidad Ambiental del Estuario de Bahía Blanca, se redujo a un muestreo sobre fin de año a fin de dar continuidad a los análisis e indicadores estudiados y complementar la información existente. Para ello se estableció el siguiente protocolo de trabajo:

Se decidió llevar a cabo una evaluación de condiciones ambientales del sistema, incluyendo aspectos físico-químicos y químicos, microbiológicos, y biológicos (biología de algunas especies de peces y zooplancton). Para el desarrollo de los trabajos de química y microbiología se diseñó un programa de estudio que incluye seis estaciones de muestreo: cinco distribuidas en el Canal Principal, y una en las proximidades de la descarga de planta de tratamientos cloacales de la 3^{ra} Cuenca (Figura II).

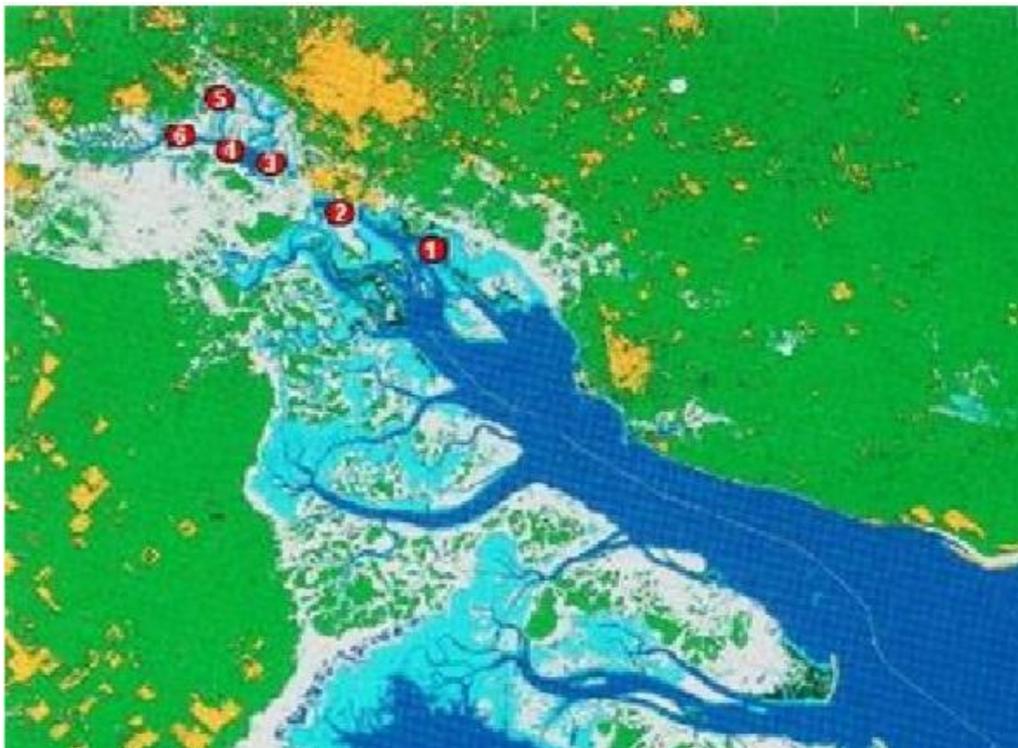


Figura II: Ubicación de las estaciones de monitoreo de Qca Marina y Mcrobiología.

- 1: proximidades de la desembocadura cloacal BB (CLO)
- 2: proximidades de Ingeniero White (IW)
- 3: Canal Galván, proximidades de descarga del Polo Petroquímico (cPG)

- 4: proximidades de Maldonado (M)
- 5: proximidades de la descarga de la 3ra. Cuenca cloacal (3°C)
- 6: proximidades de Puerto Cuatrerros (PC)

La ubicación de estas estaciones fue fijada mediante un posicionador satelital GPS-Garmin S-12, lo que permitió tomar las muestras y/o mediciones en el mismo lugar en todas las campañas.

2. Las áreas de muestreo de peces fueron la zona del Canal del Embudo, las proximidades de Puerto Cuatrerros y las proximidades del Canal Vieja (Figura III).

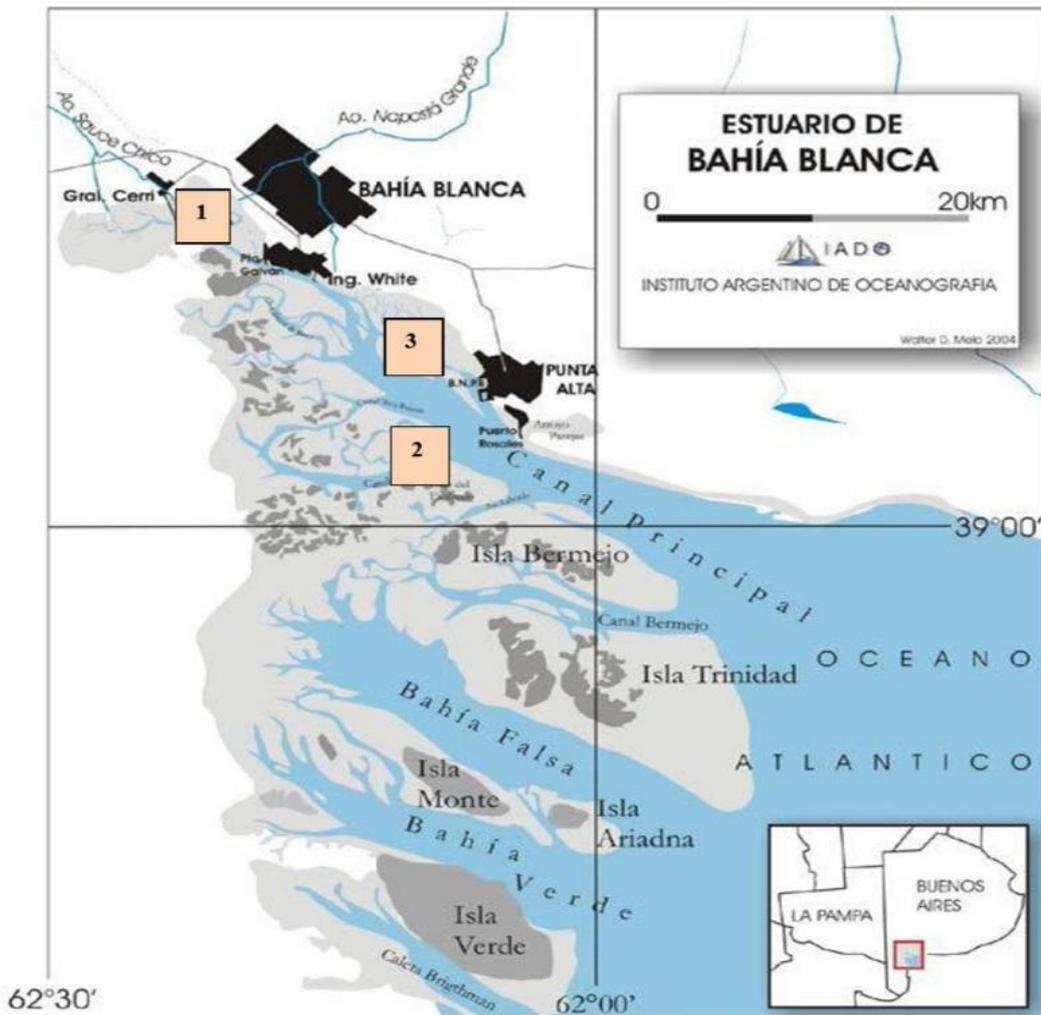


Figura I.3: Ubicación de la estaciones de muestreo de peces y zooplancton.

PG: proximidades de Puerto Cuatrerros.

CE: Canal del Embudo

CV: Canal Vieja

Durante el 2019, se dio continuidad con el Convenio entre la Municipalidad de Bahía Blanca y el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET/UNS), en donde se realizó una campaña de

muestreo dentro del “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”.

Las tareas realizadas incluyeron las siguientes actividades:

I) Química marina

- Parámetros fisicoquímicos y nutrientes en agua
- Metales pesados en agua y sedimentos

II) Microbiología

- Análisis de *Escherichia coli*, bacterias heterótrofas marinas y terrestres en agua
- Determinación de bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimentos

III) Peces

- Aspectos biológicos de las especies de peces estudiadas del estuario de Bahía Blanca.
- Metales en peces.
- Metales en Material particulado en suspensión (MPS) y mesozooplankton

A continuación se mencionan los resultados más relevantes de la campaña, presentados por el IADO en un informe preliminar:

Resultados

El IADO entregó un pre informe técnico con los datos parciales obtenidos en esta campaña, los cuales fueron evaluados respecto de los registros históricos asentados en la base de datos del programa de calidad del estuario de Bahía Blanca, y comparados con niveles guías de protección para agua y sedimentos.

I) QUÍMICA MARINA

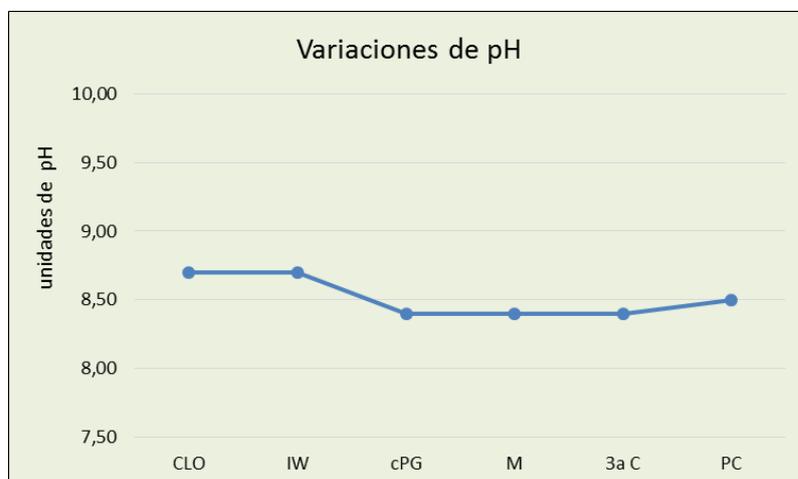
Parámetros fisicoquímicos y nutrientes en agua

En la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos durante la campaña de muestreo, y se grafican los principales parámetros de control.

Estación	Canal La Vieja	Ingeniero White	Canal Galván	Maldonado	Canal Des. 3° cuenca	Puerto Cuatrerros
	CLO	IW	cPG	M	3a C	PC
pH	8,70	8,70	8,40	8,40	8,40	8,50
Conductividad (mS/cm)	50,2	30,12	48,98	48,5	48,12	48,4
Salinidad	32,03	19,22	31,25	30,94	30,70	30,88
Temperatura(°C)	15,91	17,12	16,89	17,82	17,93	16,97
Turbidez (UNT)	37	45	41	60	47	35
SDT (g L ⁻¹)	27,74	14,69	24,51	24,27	24,1	24,21
OD (mg L ⁻¹)	6,77	7,43	8,42	7,70	7,59	6,60
Cl _σ (µg L ⁻¹)	13,35	9,08	11,75	10,01	10,68	13,88
Feopig (µg L ⁻¹)	nd	nd	5,07	4,94	6,14	2,56
Nitritos (µmol L ⁻¹)	nd	nd	nd	0,92	0,12	1,84
Nitratos (µmol L ⁻¹)	4,36	nd	1,12	42,24	6,16	0,08
Amonio (µmol L ⁻¹)	16,09	nd	0,59	5,02	52,95	0,72
FRS (µmol L ⁻¹)	0,78	2,20	2,31	1,79	3,37	0,96

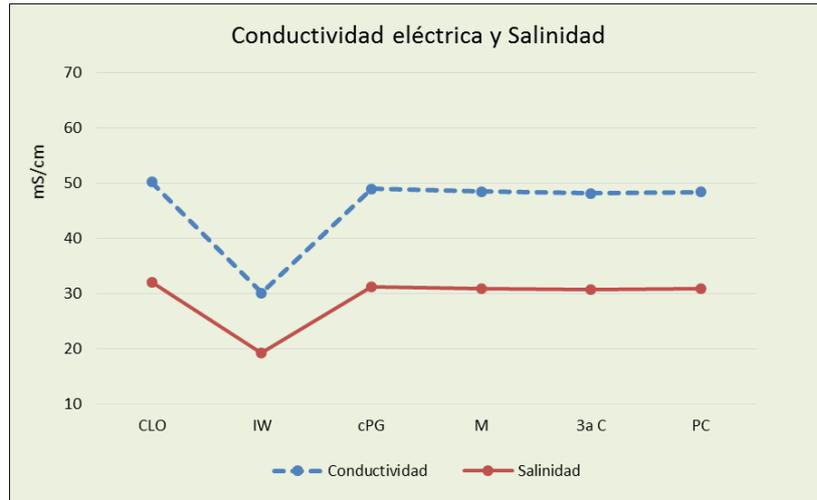
pH

Las concentraciones de pH fueron homogéneas a lo largo de toda la grilla de muestreo, y dichos valores se encuentran en el rango histórico para el estuario. El valor medio de pH fue de 8,5 upH, ligeramente por encima de la media histórica que es de 8,2 upH. El valor máximo detectado fue de 8,7 upH en las estaciones contiguas CLO y IW.



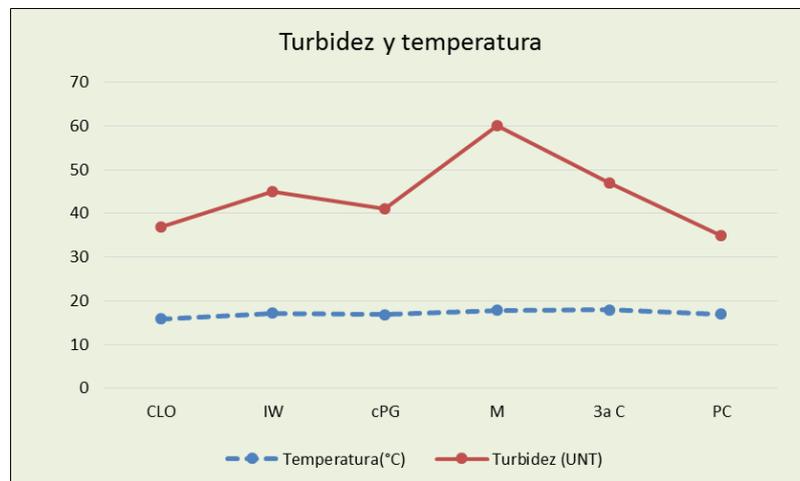
Conductividad eléctrica y Salinidad

Las variables están estrechamente relacionadas, por lo que ambos gráficos tienen el mismo comportamiento. Los valores de conductividad y salinidad fueron homogéneos a lo largo de toda la grilla de muestreo, excepto para la estación IW en donde se registraron valores ligeramente más bajos, sin embargo dichos resultados se encuentran entre los informados históricamente en el estuario.



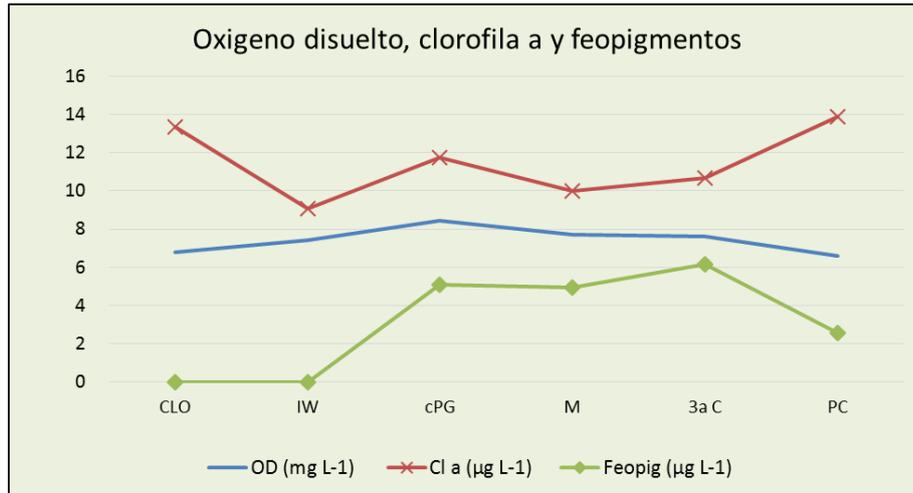
Turbidez y Temperatura

Los valores de turbidez resultaron bajos durante la campaña de muestreo y acordes a los registrados históricamente, el valor más alto se registró en la estación M. Respecto a la temperatura del agua, se puede observar que los valores se mantuvieron constantes durante toda la grilla de muestreo, y están dentro de lo esperado para el mes del año en donde se realizó el monitoreo.



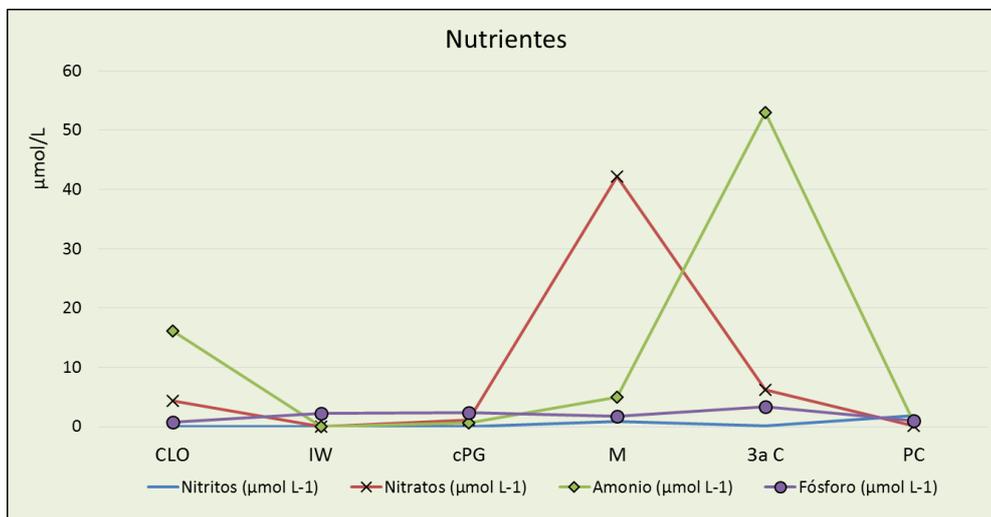
Oxígeno disuelto, Clorofila a y Feopigmentos

Los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron estables durante toda la campaña de muestreo con valores entre 6,6 y 8,4 mg/L. Asimismo, las concentraciones de clorofila a y feopigmentos se encontraban dentro de los valores históricos para el estuario en esta época del año.



Nutrientes

El estudio de los nutrientes es esencial para evaluar el estado de eutrofización del estuario. Por eutrofización se entiende el enriquecimiento de nutrientes para el crecimiento de algas y bacterias, sobre todo de nitrógeno (N) y fósforo (P). De acuerdo a Redfield (1958), la relación molecular de C:N:P en el fitoplancton es de 106:16:1, siendo fósforo el nutriente limitante para el crecimiento de algas cuando la relación N:P es mayor a 16, por lo que este nutriente debe controlarse para reducir la eutroficación.



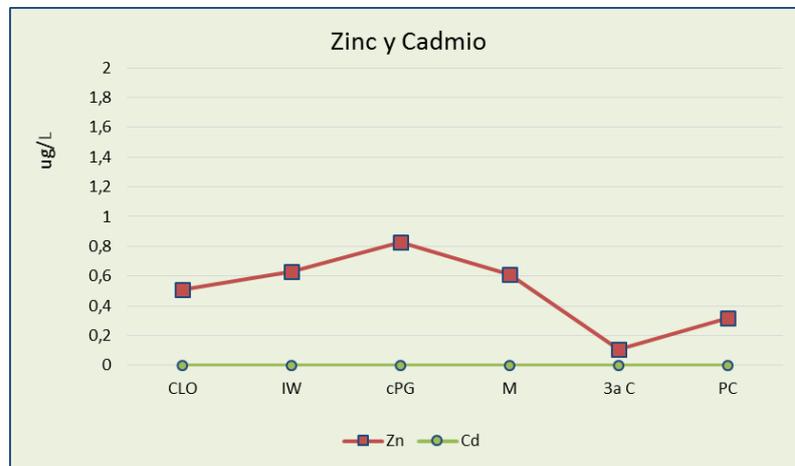
Las estaciones CLO, M y 3aC, mostraron una relación de N:P mayor a 16:1, estas estaciones son históricamente las más sensibles del programa de monitoreo, por la elevada carga orgánica que reciben de sus respectivos afluentes, la descarga cloacal de la primera cuenca, el canal Maldonado y la descarga cloacal de la tercera cuenca. Como fue mencionado en estudios previos, el estuario continúa comportándose como un sistema moderadamente eutrófico.

Metales pesados en agua y sedimentos

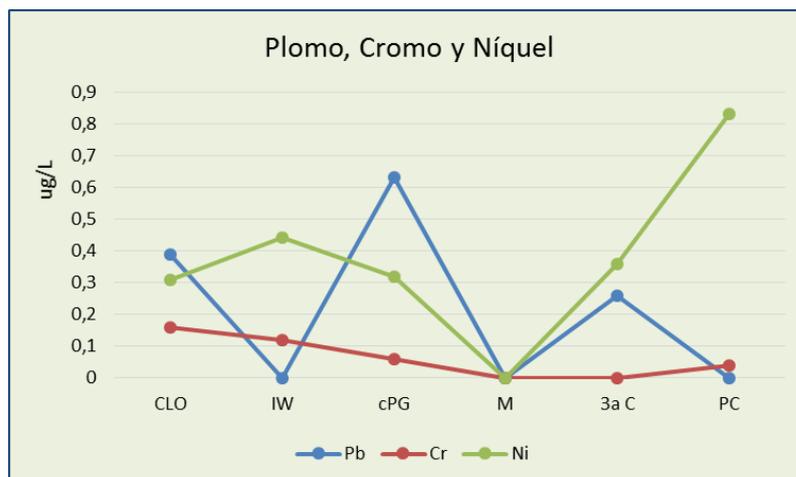
Metales disueltos en agua

La mayoría de los metales disueltos estudiados presentaron una baja variabilidad en sus concentraciones, con excepción del plomo y el níquel, mientras que el cadmio estuvo siempre por debajo del límite de detección.

Las concentraciones de zinc con baja variabilidad, se mantuvieron dentro de los valores históricos para el estuario, el valor máximo alcanzado fue determinado en la estación del canal Puerto Galván (cPG). Los valores de zinc y cadmio estuvieron por muy debajo del valor medio histórico para el estuario.



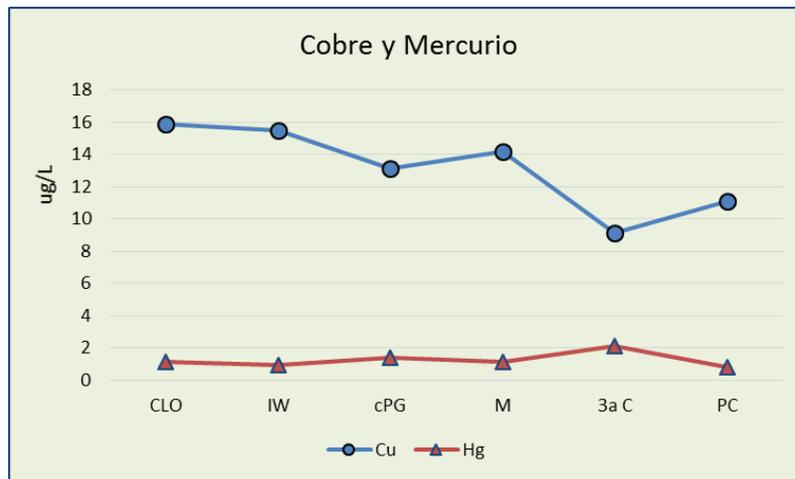
Las mayores variaciones se observaron en plomo y níquel, como se puede observar en el siguiente gráfico.



La máxima concentración de níquel hallada fue en PC (0,83 ug/L), mientras que la de plomo en cPG (0,63 ug/L). El cromo mostro una distribución estable a lo largo de las estaciones de

muestreo, con una ligera tendencia decreciente hacia la zona interna. Los tres metales estuvieron por debajo del valor medio histórico para el estuario, especialmente el plomo y cromo.

Las concentraciones de cobre y mercurio se mantuvieron estables en todas las estaciones, el cobre presentó una tendencia decreciente hacia la zona interna del estuario. Las concentraciones de ambos metales se encuentran por encima del valor medio histórico. Particularmente el cobre supera los niveles guías de calidad para la protección de la vida acuática (USEPA 2002), en los valores de Criterio de Máxima Concentración (4,8 ug/L) y Criterio de Concentración Continua (3,1 ug/L). Mercurio también superó ambos niveles guía de protección, y los valores elevados de esta campaña son comparables a los hallados en septiembre de 2015 y agosto de 2016, con concentraciones por encima de 1,8 y 0,94 ug/L, niveles guía de CMC y CCC respectivamente para mercurio.



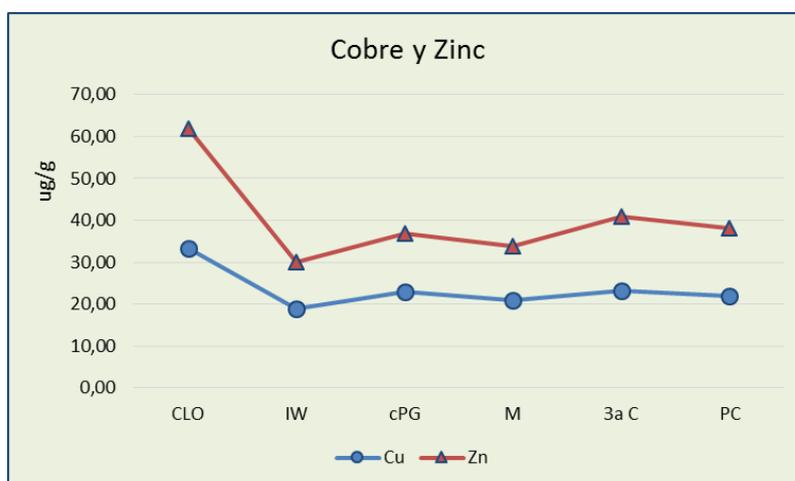
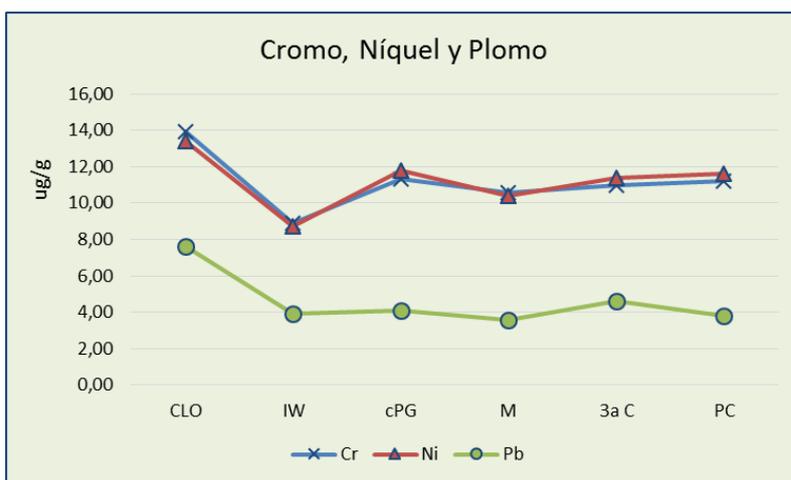
La baja variabilidad general de los datos, muestra que no hay un único punto de descarga de metales al estuario. Todo esto indica que hay un ingreso multipuntual de los metales evaluados, en bajas concentraciones, por diferentes afluentes o como se mencionó en informes previos puede deberse al transporte y deposición atmosférica de metales. Dicha variabilidad estacional también puede explicarse por los fenómenos de resuspensión de sedimentos y pasaje de los metales a la fracción disuelta en agua, debido a las continuas tareas de dragado para mantenimiento de los sitios de amarre portuarios a lo largo de toda la zona interna en evaluación.

Metales en sedimentos

Todos los metales mostraron una distribución relativamente homogénea en el área evaluada.

Algunos de los metales estudiados, cadmio, plomo y mercurio presentaron valores inferiores a los históricos; En esta campaña cadmio y mercurio con concentraciones por debajo del límite de detección en todas las estaciones.

Las concentraciones de los restantes metales estuvieron dentro del rango histórico de valores. Particularmente todos mostraron un incremento de su concentración en la estación CLO (descarga cloacal de la primera cuenca), como puede verse en los siguientes gráficos.



Ninguna de las concentraciones de metales en sedimentos superó los niveles guías de la NOAA (ERL, PEL y ERM) para calidad de sedimentos marinos, y en general estuvieron en el orden de los niveles establecidos como background (nivel de fondo) o ligeramente por encima de ellos como es el caso de zinc y níquel.

Campañas complementarias en el Estuario de Bahía Blanca

En el mes de julio de 2019, y paralelamente con el "Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca", se realizó una campaña de

monitoreo con el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca (CGPBB), con la presencia del Organismo para el Desarrollo Sostenible (OPDS).

El monitoreo tenía como finalidad evaluar los sitios de dragado en muelles y otras áreas por mantenimiento, que realiza el CGPBB a solicitud del OPDS, según Resolución 2019-263-GDEBA-OPDS.

En esta campaña se evaluaron parámetros físicoquímicos del agua (temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad, profundidad del sitio de muestreo y metales en sedimentos.

En la tabla a continuación se detallan los puntos de muestreo y los resultados físicoquímicos registrados in situ, los cuales mostraron alta homogeneidad a lo largo de la grilla de monitoreo.

Puntos de muestreo	Profundidad (m)	Turbidez (NTU)	Conductividad (mS/cm)	pH	O2 Disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)
PIEDRABUENA Toepfer Este atrás	1,0	15	51,6	8,2	11,1	8,1
TERMINAL B BLANCA - SITIO 7/8	2,7	7	51,6	8,3	11,2	7,8
CARGILL - Cargill	6,0	37	51,4	8,2	11,3	7,6
MEGA - Mega Este	4,0	20	51,0	8,3	11,2	7,4
CIRCULO GIRO NORTE GALVAN	15,8	20	50,8	8,3	11,4	7,7
Galván extremo Norte Sitio 2	3,0	30	50,0	8,3	11,3	6,9
Posta Inflamables frente a Posta 2	9,0	35	50,3	8,3	11,4	7,2
PUERTO GALVAN - Sitio 6/7	8,0	...	50,8	8,3	11,1	7,5

Si bien estos valores corresponden a diferentes sitios de muestreo respecto a los realizados con el IADO, se puede determinar que todos los parámetros se mantuvieron dentro de los valores medios históricos que disponemos en nuestra base de datos del estuario. Ninguno de los parámetros físicoquímicos medidos estuvo por fuera del rango esperado.

Los valores de metales pesados en sedimento, mostraron valores homogéneos a lo largo de la grilla de muestreo. En alta concordancia con los resultados obtenidos con la campaña del IADO, ninguno de los valores superaron los niveles guías de la NOAA (ERL, PEL y ERM) para calidad de sedimentos marinos, y en general estuvieron en el orden de los niveles establecidos como background (nivel de fondo) o ligeramente por encima de ellos como es el caso de zinc.

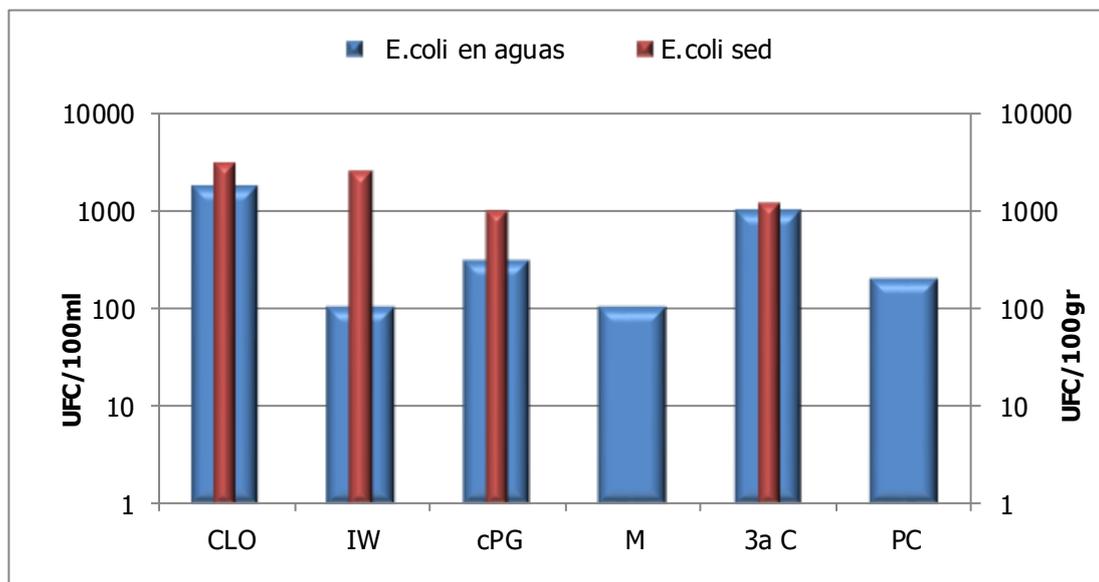
En el laboratorio del CTE se realizó la determinación de mercurio disuelto en agua, arrojando en todos los puntos de muestreo valores menores al límite de detección

Punto de muestreo	Cu (ug/g)	Cr (ug/g)	Pb (ug/g)	Ni (ug/g)	Zn (ug/g)	Hg (ug/g)
PIEDRABUENA Toepfer Este atrás	18,5	13,7	19,5	8,4	63,0	0,014
TERMINAL B BLANCA - SITIO 7/8	21,0	17,0	20,9	8,7	70,0	0,011
CARGILL - Cargill	18,0	14,0	20,0	8,0	63,5	0,009
MEGA - Mega Este	19,0	13,0	18,7	8,0	63,0	0,012
CIRCULO GIRO NORTE GALVAN	19,0	14,0	20,5	7,3	63,0	0,012
Galván extremo Norte Sitio 2	19,0	12,5	17,0	8,1	56,0	0,015
Posta Inflamables frente a Posta 2	20,5	13,3	20,5	6,6	73,0	0,016
PUERTO GALVAN - Sitio 6/7	16,5	11,3	16,2	7,5	50,0	0,004

II) MICROBIOLOGÍA

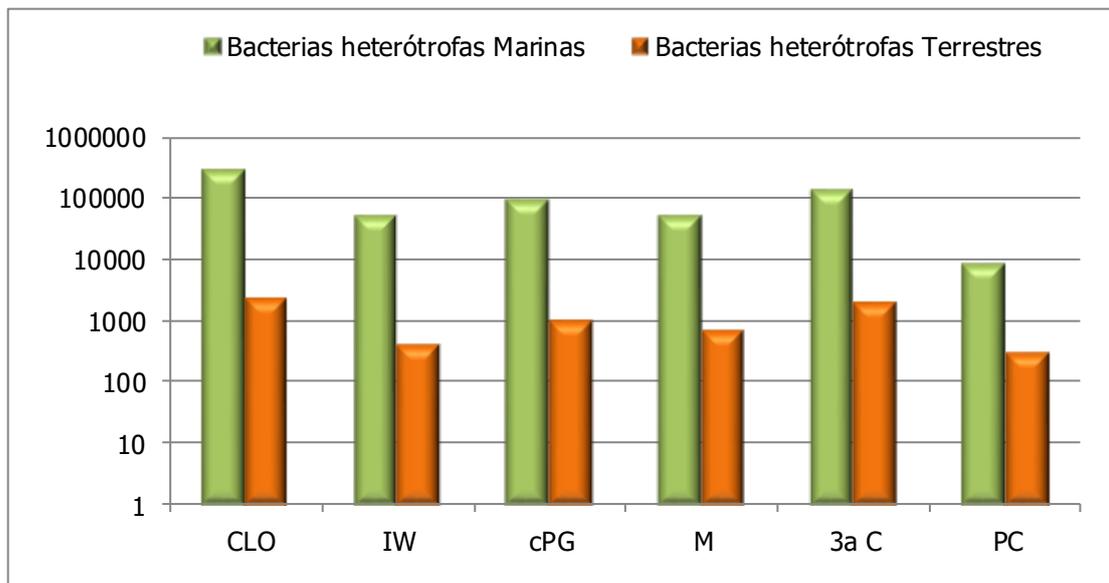
La presente sección tiene por objetivo determinar la distribución espacial de distintos grupos de bacterias utilizadas como indicadores de contaminación antrópica, en aguas y sedimentos de seis sitios del estuario de Bahía Blanca.

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



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

En las estaciones de muestreo aledañas a los vuelcos de las cloacas, se presentan los mayores recuentos de *E. coli* tanto en agua como en sedimento, como viene dándose en los muestreos anteriores. En el sedimento de ing. White hay altas concentraciones de esta bacteria, pero en agua no se evidencia lo mismo, lo que demuestra que es una zona donde los vuelcos cloacales es intermitente pero abundante ya que se acumula en el sedimento, donde persisten más tiempo, como reservorios más estables. En la zona del Maldonado y Puerto Cuatrerros no se detectó *E. coli* en sedimentos.

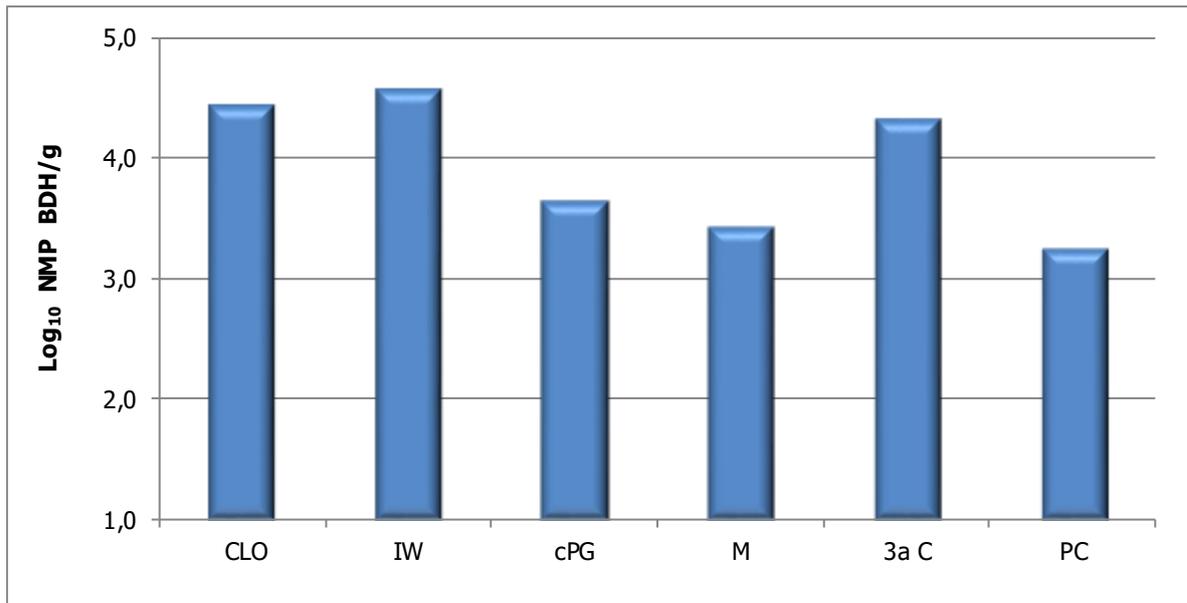


Distribución espacial de las poblaciones de bacterias heterótrofas marinas y terrestres.

Se evidencia el aporte de materia orgánica y bacterias que se realiza a través de las cloacas (estación CLO y 3^aC) y el consiguiente aumento de las poblaciones heterotróficas que desarrollan a expensas de la misma.

Si bien las bacterias heterótrofas marinas son autóctonas, adaptadas al ambiente marino y se encuentran homogéneamente distribuidas en la zona de estudio, también responden al incremento de la materia orgánica disuelta disponible, con un aumento en la densidad poblacional.

Determinación de bacterias degradadoras de hidrocarburos en sedimentos



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

Los valores de este muestreo se encuentran dentro de los reportados en los estudios anteriores. En la zona de vuelco de las dos cloacas y en el puerto de Ingeniero White los valores de bacterias degradadoras de hidrocarburos acumuladas en sedimentos, son mayores que en el resto de los puntos muestreados; poniendo de manifiesto un mayor impacto antrópico de dichas zonas.

III) PECES

Las especies de peces que habitan en el estuario pueden actuar como bioindicadores eficientes y ser útiles en la evaluación de la calidad del ambiente. La mayoría de las especies de peces de nuestra ría presentan un comportamiento migratorio entre áreas estuariales y el mar. Por ello, los peces utilizados como bioindicadores ecológicos para evaluar la calidad del agua local fueron juveniles de *Cynoscion guatucupa* (pescadilla de red), *Micropogonias furnieri* (corvina rubia), y adultos de *Mustelus schmitti* (gatuza), los cuales permanecen en el estuario durante su primer año de vida, y *Ramnogaster arcuata* (saraquita), que completa su ciclo de vida dentro del mismo. Por su permanencia, alimentación y reproducción dentro del estuario, estas especies y sus diferentes estadios pueden ser consideradas buenos indicadores de la calidad del cuerpo de agua.

Aspectos biológicos de las especies de peces estudiadas en el estuario de Bahía Blanca

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de ejemplares capturados y analizados por especie y sitio de muestreo.

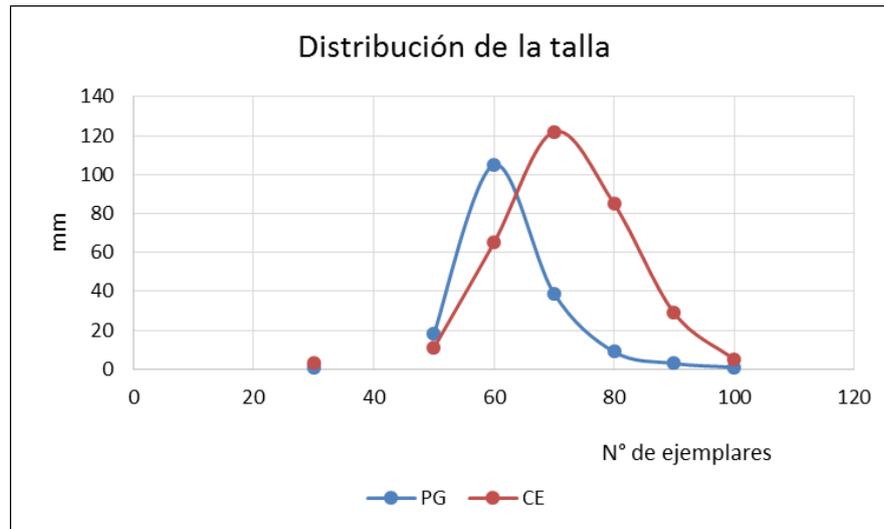
Especie	Puerto Galván	Canal del Embudo
Saraquita <i>Ramnogaster arcuata</i>	176	320
Corvina rubia <i>Micropogonias furnieri</i>	211	14
Pescadilla de red <i>Cynoscion guatucupa</i>	83	116
Gatuzo <i>Mustelus schmitti</i>	5	1
Total	475	451

A continuación se informan únicamente los resultados de *Ramnogaster arcuata* de la cual disponemos la totalidad de los datos, las restantes especies fueron informadas parcialmente en el pre informe del IADO.

Ramnogaster arcuata – saraquita

Datos de la distribución de talla en los diferentes sitios

Talla	PG	CE
30	1	3
40		
50	18	11
60	105	65
70	39	122
80	9	85
90	3	29
100	1	5
N total	176	320
Lt medio	62,78	71,84



La distribución de talla de saraquita fue la esperada para esa época del año coincidente con los registros obtenidos en octubre de 2013.

Por otro lado, se realizó el cálculo del Factor de Condición K de la saraquita, arrojando valores similares a los calculados por primera vez en octubre de 2017.

Factor de condición K	Media	ds
Puerto Galvan	0,70	0,057
Canal del Embudo	0,73	0,068

La proporción de sexo por sitio de muestreo, resultó en esta campaña de casi 3 hembras por macho en PG y de casi 4 hembras por macho en CE, esta situación está invertida respecto al último informe del IADO 2017-2018.

Sitio de Muestreo	Hembra:Macho
Puerto Galván	2,8 : 1
Canal del Embudo	3,93 : 1

Respecto a los valores del Índice Gónado Somático (IGS), los resultados coinciden con la época reproductiva de esta especie dentro del estuario.

IGS	PG	CE
Macho	2,443	2,305
Hembra	5,481	5,398

Composición de la dieta, y cálculo del %IRI (porcentaje del índice de importancia relativa) de cada ítem presa, para la especie saraquita. Los valores se encuentran dentro del rango esperado para la época del año, en concordancia con los registrados en otras campañas de monitoreo.

	Puerto Galván				Canal del Embudo			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
N° de ejemplares analizados	0	24	13	0	3	30	28	11
Índice de vacuidad		4,2	23,1		0	16,7	25	36,4
Ítems presa	%IRI				%IRI			
<i>Labidocera fluviatilis</i>		18,05	2,24			0,01		
<i>Acartia tonsa</i>		57,34	42,59		7,02	14,94		
<i>Euterpina acutifrons</i>		5,03	3,19		92,98	68,65	2,30	0,62
Zoeas		0,26				12,96		
Cipris		19,32	41,39					
<i>Arthromysis magellanica</i>			10,59			1,96	96,44	96,37
<i>Neomysis americana</i>						1,48	1,26	3,01

Metales en peces

La concentración de metales en tejido comestible de peces (músculo) debe compararse con valores de referencia. En Argentina podemos utilizar los valores máximos permitidos para algunos metales según establece el Código Alimentario Argentino y el Servicio Nacional de Sanidad Animal. En otros países existen diferentes valores según lo establezca su propia legislación, y de otras organizaciones mundiales, como es en: Australia and New Zealand Food Authority, Food and Agricultural Organization / Organización Mundial de la Salud, China's Maximum Levels for Contaminants in Foods y la Unión Europea. Estos valores se reflejan en la siguiente tabla:

Fuente	Cd	Pb	Hg	Cu	Zn	Ni	Cr	Fe
CAA-GMC	0,05 (1,0 ^a)	0,30 (2,0 ^a)	0,5(0,1 ^b)	10 ^a	100 ^a	----	----	----
SENASA	1,0 5	0,2 20	0,5 y 1,0 ^b 0,05	10	100	150	----	----
ANZFA	0,2	0,5	----	10	----	----	----	----
FAO/WHO	0,1	0,5	----	----	50	----	----	----
USDA / Gu et al.	0,1	0,5	0,5 y 1,0				2	
UE	0,05 (0,10- 0,30)*	0,30 (1,0)	0,5 (0,1)**	----	50	----	----	----

Valores expresados en mg/kg.

Cabe mencionar que la tabla anterior hace referencia a tejido comestible de peces (músculo) de ejemplares adultos y de especies principalmente que tienen valor comercial. En estos monitoreos, los ejemplares capturados fueron estadios juveniles de 3 especies (excepto gatuzo), por lo que esta comparación con los valores de tabla debe interpretarse cuidadosamente, ya que los estadios juveniles poseen un sistema de depuración o detoxificación de contaminantes aún en desarrollo, por lo que la eliminación o excreta de ellos puede estar disminuida, pudiendo incrementar los niveles de algún contaminante por encima de los valores de referencia. De todas maneras y como viene realizándose en informes anteriores es una comparación válida, que permite realizar un seguimiento en el tiempo de las concentraciones de metales propias de las especies locales de este estuario, evaluadas en los diferentes monitoreos.

Los valores medios de metales en músculo de las diferentes especies estudiadas se muestran a continuación para cada sitio de muestreo:

PG - Puerto Galván							
Saraquita	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase II	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,34	0,06	0,04	7,80
Clase III	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,01	0,28	0,05	0,05	6,42
Pescadilla	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase II	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,02	0,31	0,55	0,19	4,95
Clase III	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,03	0,25	0,11	0,11	3,76
Corvina	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase III	<i>nd</i>	<i>nd</i>	0,01	0,31	0,55	0,09	5,08
Gatuzo	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
adulto	0,07	<i>nd</i>	0,03	0,17	0,42	0,32	2,45

		CE - Canal del Embudo					
Saraquita	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase II	nd	nd	0,02	0,31	0,09	0,13	6,89
Clase III	nd	nd	0,02	0,26	0,06	0,03	5,75

Pescadilla	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase II	nd	nd	0,02	0,22	0,06	0,02	4,34
Clase III	nd	nd	0,01	0,27	0,10	0,11	3,73

Corvina	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Clase III	0,01	nd	0,03	0,43	0,23	0,43	5,45

Gatuzo	Hg	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
adulto	0,02	nd	0,05	0,45	0,80	0,56	5,81

nd: No detectable

Los valores de metales en músculo de saraquita en ambos sitios de captura, se encuentran por debajo de los valores de referencia, tanto nacionales como los internacionales, y son comparables a los obtenidos en monitoreos anteriores.

De igual manera, para la pescadilla de red y la corvina rubia, los valores de metales en músculo en ambos sitios de captura, se encuentran por debajo de los valores de referencia, tanto nacionales como los internacionales, y son comparables a los obtenidos en monitoreos anteriores.

Respecto al ejemplar adulto de gatuzo, se observa que en sitio PG, el mercurio excedió ligeramente el valor de 0,05 mg/Kg establecido en el CAA (valor de este informe: 0,07 mg/kg), aunque dichos valores son representativos de esta especie en particular y se encuentra dentro del rango de valores esperados, incluso este valor es menor a los registrados en el monitoreo 2013-2014 donde se alcanzaron valores de hasta 0,31 mg/Kg.

Metales en Material particulado en suspensión (MPS) y mesozooplankton

El MPS -partículas en suspensión ($> 0,45 \mu\text{m}$)- en la columna de agua, contienen partículas inorgánicas y orgánicas las cuales normalmente se encuentran unidas a metales pesados y/u otros tipo de contaminantes persistentes. La fracción inorgánica está representada principalmente por limos y arcillas, mientras que la orgánica comprende detritus y material vivo (plancton, huevos de copépodos, algunas bacterias, etc.). Las concentraciones de metales suelen

ser altas en el MPS y esto se debe a su alta relación superficie / volumen, que permite que estas partículas adsorban eficazmente los metales disueltos de la columna de agua. Otras propiedades importantes del MPS son su reactividad, movilidad y alto valor nutricional que hacen que estas partículas sean fundamentales para la transferencia de constituyentes químicos entre el agua, la cadena trófica y los sedimentos de fondo en ambientes acuáticos. De esta manera, controla la reactividad, el transporte y los impactos biológicos de las sustancias en los ambientes acuáticos, además sirve de nexo para la transferencia de elementos trazas entre la columna de agua, los sedimentos de fondo y la cadena trófica. En los estuarios, la transferencia de metales es muy significativa debido a la generación regular y a la deposición-resuspensión cíclica del MPS. Particularmente, el EBB se caracteriza por presentar una importante cantidad de MPS con un gran contenido de metales (Fernández Severini et al., 2017).

El zooplancton cumple un rol clave en los ciclos biogeoquímicos de los metales gracias a su amplia distribución en todos los ambientes marinos y a que actúan como intermediarios - constituyendo la vía de flujo energético más importante- entre los productores primarios (fitoplancton) y los consumidores de niveles tróficos superiores. En general, el zooplancton interactúa con los metales disueltos y particulados del agua de mar a través de la adsorción, la desorción, la absorción biológica, el grazing (pastoreo) y la descomposición microbiana, y además puede afectar significativamente el transporte vertical de los elementos y controlar sus tiempos de residencia. Asimismo, como fuera explicado en párrafos anteriores, debido a su capacidad para acumular metales, los organismos zooplanctónicos pueden utilizarse para el biomonitoreo de metales en todos los ambientes marinos. Por lo tanto, el estudio de la concentración de estos contaminantes en el mesozooplancton en un ambiente tan afectado por descargas antropogénicas como el EBB es de suma relevancia. Esta fracción del plancton constituye una parte importante de la dieta de los peces y pueden incorporar metales pesados a partir de la fase disuelta y del material particulado en suspensión. Algunos de esos metales tales como el Cu, Fe y el Zn son esenciales para su desarrollo, sin embargo otros como el Cd, Cr y el Pb pueden resultar nocivos. Una vez incorporados en el mesozooplancton pueden pasar a niveles tróficos superiores tales como los peces a partir de la dieta y en algunos casos presentar biomagnificación.

La tabla a continuación muestra los resultados de metales en MPS, expresados en $\mu\text{g/g}$ en peso seco.

Sitio	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
CLO	nd	16,7	38,8	15,5	10,3	60,6
IW	nd	17,3	34,9	17,1	8,4	66,8
cPG	nd	17,4	37	16,8	6	63,2
M	nd	16	33,3	15,9	6,4	58,7
3a C	nd	14,6	33	56,8	6,5	59,1
PC	nd	16,3	34,8	15,7	7	56,6

nd: no detectable

Los valores se encuentran dentro del rango históricos para estuario, e incluso ligeramente por debajo en algunos de los metales. Para el cadmio en esta campaña, todos los resultados fueron menores al límite de detección.

Para los sitios empleados como pesca, se realizaron la comparación de metales en las diferentes fracciones. La tabla a continuación, detalla los valores obtenidos:

Sitio	Fracción	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
PG	Zooplankton	0	4,9	19,8	5	2,4	44,4
	MPS	0	15,4	31,7	19,2	6,5	84,9
CE	Zooplankton	0	10,2	29,4	8,4	4,2	72,8
	MPS	0	39,6	36,8	17,9	9,9	84,3

Los valores se encuentran dentro del rango histórico para el estuario. Para el cadmio los resultados en ambas fracciones fueron menores al límite de detección.

Conclusiones

Durante el periodo 2019, se observó que todos los parámetros oceanográficos (físicos y químicos) se hallaron dentro los rangos normales y aceptables para el ambiente marino que representa el estuario de Bahía Blanca. Es de destacar la alta homogeneidad que mostraron los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto en la zona interna del estuario.

Las concentraciones de cobre y mercurio en agua se ubicaron por encima del valor medio histórico. Particularmente el cobre superó los niveles guías de calidad para la protección de la vida acuática (USEPA 2002), en los valores de Criterio de Máxima Concentración y Criterio de Concentración Continua. El Mercurio también superó ambos niveles guía de protección.



Ninguno de los metales analizados estuvo por encima de los niveles guías de la NOAA (ERL y ERM) para calidad de sedimentos marinos, y en general se hallaron en el orden de los niveles establecidos como background (nivel de fondo) o ligeramente por encima de ellos como es el caso del níquel y zinc.

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

Los estudios realizados en peses, siguen mostrando que los aspectos biológicos de los mismos son normales y estables en las especies en estudio. Los metales en musculo de peces, en el material particulado en suspensión y en el mesozooplancton se encuentran dentro del rango de los registros históricos.

2 Bioindicadores costeros: Ostras

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

En 2010, Dos Santos y Fiori¹, reportan por primera vez la presencia de *Crassostrea gigas* en el estuario de Bahía Blanca a partir de entonces se la ha hallado cada vez con mayor frecuencia y hoy ya está ampliamente distribuida en casi cualquier sustrato duro sumergido.

Estos moluscos bivalvos son filtradores y pueden bioacumular sustancias tóxicas, como metales, agroquímicos, hidrocarburos, fitotoxinas, bacterias y virus potencialmente peligrosos para el hombre. Aunque la bioacumulación de microorganismos es pasiva y muchas veces inocua para los moluscos, los microorganismos se pueden acumular en diferentes órganos y tejidos del bivalvo donde permanecen estables durante largos períodos de tiempo. Muchos moluscos son consumidos crudos o poco cocidos y en consecuencia los microorganismos pueden llegar viables a los consumidores siendo capaces de producir enfermedad².

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

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

2.1 Muestreo

Durante el 2019 se continuó con el mismo cronograma de muestreo estacional del estuario utilizado desde 2016: uno finalizando el verano, otro en invierno y por último uno en primavera. En el muestreo del verano además de los sitios del estuario de Bahía Blanca se muestreó una estación prístina alejada del impacto urbano e industrial en el balneario Los Pocitos, en Bahía Anegada, la cual está clasificada por la provincia de Buenos Aires para producción y comercialización de moluscos

¹ Dos Santos EP y Fiori SM. 2010. Primer registro sobre la presencia de *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Bivalvia: Ostreidae) en el estuario de Bahía Blanca (Argentina). Comunicaciones de la Sociedad Malacologica del Uruguay, 9: 245 – 252.

² Costagliola M, Malaspina A, Guerrero R, Ma D, Odizzio M, Abelenda A y De Kereki C. 2000. Estudio de la presencia de *Vibrio cholerae* en la Zona Común de Pesca Argentina-Uruguaya. Período 1992-1996. Frente Marítimo, 18: 53-58.

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

2.1.1 Estaciones de Muestreo

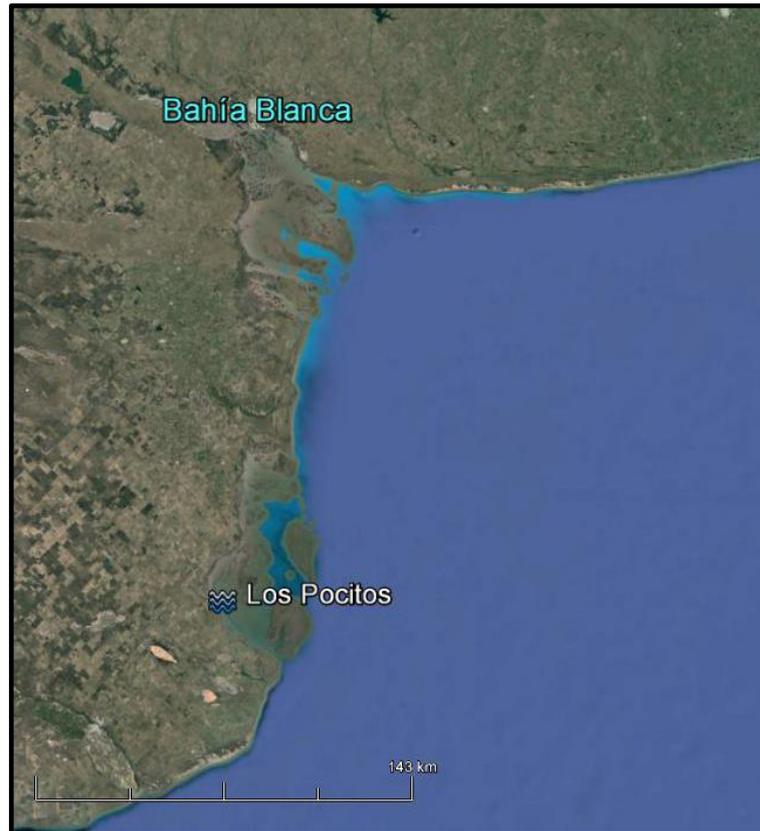
Se muestreó en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía aledaña al mismo. Las estaciones de muestreo se ubican en:

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

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



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



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

2.1.2 Toma de Muestras

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

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

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

2.2 Determinaciones

3.1.1 Biometría

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

3.1.2 Metales

Las muestras de ostras, agua de mar y sedimento, fueron derivadas al Laboratorio de Análisis Químico (LANAQUI)–CERZOS/UNS para la determinación de metales pesados en las tres matrices. El tratamiento de las muestras de ostras y las determinaciones se realizaron bajo norma EPA SW-3052, 200.7, SM 3500 y JIS K 0094. Se utilizaron estándares certificados Chem-Lab, Zedelgem B-8210, Bélgica. Los metales a determinar fueron: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn (las determinaciones de Hg en agua y sedimento se realizaron el CTE). Los resultados de metales en tejido blando de ostra, se compararon con los límites de metales considerados como aceptables para el consumo humano en bivalvos, según el Código Alimentario Argentino (CAA) y la resolución SAGPyA 829/2006 del Servicio Nacional de Sanidad Animal de Argentina (SENASA). El SENASA fija como límite de Cadmio, Plomo y Mercurio la concentración en tejido de ostra de 1 ppm, 1 ppm y 0,5 ppm respectivamente. Mientras que el Código Alimentario Argentino (Capítulo III, art 156) fija como límites para moluscos bivalvos: Cadmio: 2 ppm, Cobre: 10 ppm, Mercurio: 0,5 ppm, Plomo: 1,5 ppm, Zinc: 100 ppm. Los metales que no están normados en la legislación argentina se los comparó con los límites de la Food and Drugs Administration (FDA)³, como ser el Cromo: 13 ppm y el Níquel: 80 ppm.

3.1.3 Microbiológicos

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

Los resultados de indicadores fecales en ostras, se compararon con los límites considerados como aceptables para el consumo humano en bivalvos. En Argentina, la legislación al respecto es la Resolución (SAGPyA) 829/06 (que modifica el numeral 23.24 del Decreto 4238/68 del SENASA) establece que los moluscos para consumo humano, para ser comercializadas directamente deben contener menos de 230 *E. coli* por cada 100 grs de carne y líquido intervalvar y ausencia de *Salmonella* spp. en 25 grs. Si bien la normativa para el consumo interno no exige la búsqueda de *Vibrio*, la FDA y la EPA marcan niveles seguros en regulaciones y guías⁴, así como varios mercados

³ Food and Drugs Administration (FDA). 1997. HACCP Guidelines. US Department of Health and Human Services, Public Health Service.

⁴ Food and Drugs Administration (FDA). 2011. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance - Fourth Edition. US Department of Health and Human Services, Center for Food Safety and Applied Nutrition, FDA.

extranjeros (MINCETUR⁵, 2010) que establecen como requisito para la importación de moluscos bivalvos, la ausencia de ciertas especies de *Vibrio* en 30 grs de carne de ostras. Por su lado en agua, contrastamos las determinaciones con los valores de la Resolución ADA N° 42/2006 que establece como límite de referencia para *Enterococcus* en agua marina de uso recreativo un valor de 35 colonias/100 ml, este límite coincide con el internacional para aguas de contacto primario dado por la U.S.E.P.A⁶.

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

3.2 Resultados

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

Fecha	Lugar	pH (upH)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Turbidez (NTU)
Verano	Los Pocitos	8,2	21,1	57,6	258
	Villa del Mar	8,2	20,1	22,8	111
	Ing. White	8,1	19,9	40,5	384
	Cuatros	8,1	18,7	46,7	saturado
Invierno	Villa del Mar	7,7	14,7	55,7	100
	Ing. White	8,2	12,6	55,1	17
	Cuatros	8,5	11,4	53,5	62
Primavera	Villa del Mar	8,1	21,9	54	98,2
	Ing. White	8,5	19,7	60,8	62,2
	Cuatros	8,2	19,3	58,9	101

⁵ Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). 2010. Guía de requisitos sanitarios y fitosanitarios para exportar alimentos a la Unión Europea. Lima, Perú. 31p.

⁶U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

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

3.3.1 Datos biométricos

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

Período	Lugar	Número de individuos/pool	Peso promedio por individuo (grs)	Relación promedio Alto/Largo	Peso Relativo (grs/cm ³)
Verano	Villa del Mar	21	11,53	1,00	0,16
	Ing. White	22	11,12	1,74	0,19
	Cuatreros	21	11,43	1,81	0,14
Invierno	Villa del Mar	17	13,15	1,03	0,20
	Ing. White	22	10,4	1,84	0,16
	Cuatreros	22	11,0	1,73	0,17
Primavera	Villa del Mar	22	11,1	1,07	0,14
	Ing. White	21	13,4	1,65	0,19
	Cuatreros	22	10,3	1,64	0,12
Promedio histórico	Los Pocitos	116	11,43	1,49	0,15

3.3.2 Metales

- Agua

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

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



Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	0,077	0,10	7,70	0,30	0,20	0,84	0,56
H (Cuatrerros)	verano	0,063	0,08	8,20	<LD	0,31	0,71	0,78
	invierno	0,060	0,16	5,55	0,27	0,26	0,48	0,16
	primavera	0,120	0,22	3,90	<LD	0,33	0,52	0,51
G (Ing. White)	verano	0,037	0,18	2,50	<LD	0,23	0,35	0,24
	invierno	0,060	0,23	2,23	0,75	0,20	0,80	0,09
	primavera	0,110	0,13	4,50	< LD	0,41	0,51	0,41
I (Villa del Mar)	verano	0,074	0,40	4,30	<LD	0,29	0,47	0,45
	invierno	0,060	0,11	4,59	0,25	0,22	0,55	0,09
	primavera	0,160	0,31	7,60	<LD	0,47	1,02	1,25
Promedio 2015/2019		0,112	0,30	5,45	0,39	0,78	0,68	0,66
Background (LP)		0,059	0,36	3,70	0,18	0,31	0,50	1,07

En todas las muestras de agua se detectó la presencia de los metales analizados, a excepción del mercurio solo se detectó en el estuario en invierno y en Los Pocitos.

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 (SQuiRTs) para sedimentos marinos, para hacer comparaciones.

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



Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	< LD	4,7	6,0	0,014	2,7	1,7	23
H (Cuatreros)	verano	< LD	9,1	12,9	0,026	4,2	4,1	51
	invierno	< LD	14,2	18,1	0,020	4,0	8,2	59
	primavera	< LD	9,0	13,9	0,020	8,9	3,3	38
G (Ing. White)	verano	< LD	10,8	16,1	0,036	4,9	3,9	58
	invierno	< LD	16,0	19,7	0,029	4,6	9,4	66
	primavera	< LD	12,8	20,5	0,029	11,7	3,4	54
I (Villa del Mar)	verano	< LD	9,2	12,8	0,035	4,3	4,2	48
	invierno	< LD	13,2	17,1	0,038	3,8	7,8	53
	primavera	< LD	11,4	23,0	0,038	9,4	2,3	41
TEL		0,676	52,3	18,7	0,13	15,9	30,24	124
ERL		1,2	81	34	0,15	20,9	46,7	150

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

En todos los monitoreos, como viene sucediendo, el único metal no detectado fue el Cd (LD=0,1 ppm), los demás si se hallaron. En dos muestras de Ing. White, el Cu superó en tres ocasiones el nivel más exigente de protección de la vida acuática "threshold effects level" (TEL), propuesto por la NOAA.

• Ostras

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

Lugar	fecha	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
LP (Los Pocitos)	verano	0,600	0,079	33	0,028	0,048	0,098	78
H (Cuatreros)	verano	0,350	0,047	26	0,009	0,042	0,071	77
	invierno	0,039	0,158	34	< LD	0,057	0,054	107
	primavera	0,120	0,078	23	< LD	0,078	0,111	77
G (Ing. White)	verano	0,430	0,053	44	0,016	0,049	0,131	163
	invierno	0,011	0,096	38	< LD	0,047	0,032	137
	primavera	0,072	0,068	27	< LD	0,078	0,063	102
I (Villa del Mar)	verano	0,480	0,160	43	0,010	0,058	0,046	77
	invierno	0,017	0,064	35	< LD	0,034	0,043	71
	primavera	0,243	0,146	38	< LD	0,107	0,092	71
CAA		2	-	10	0,5	-	1,5	100
SENASA		1	-	-	0,5	-	1	-
FDA		4	13	-	1	80	1,7	-

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

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

Por otro lado el contenido de Cr y Ni no están legislados a nivel nacional y la FDA fija como límite superior admisible en moluscos bivalvos 13 y 80 ppm respectivamente, siendo estas concentraciones mucho mayores a las encontradas en el estuario de Bahía Blanca.

En todos los monitoreos del 2019, el único metal que no se detectó fue el Hg (LD=0,001 ppm) en invierno y primavera, los demás si se hallaron. En la muestra de los pocitos la concentración de mercurio detectada fue la mayor en este muestreo 0,028 ppm, siendo el máximo registrado de 0,041 en muestras de Cuatrerros de 2015.

En el ANEXO I-Estuario de Bahía Blanca, páginas 55–59 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 60, 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 Cantillo⁷ como indicadores de contaminación en ostras, en un informe de la NOAA (1997) realizado en base de datos del programa de seguimiento mundial de mejillones, que incluye a las ostras. Debido al origen de estos valores umbrales de contaminación, su uso es útil cuando se los quieren comparar con monitoreos globales. A pesar de ello, para sondear nuestros resultados, los utilizaremos, ya que los únicos datos locales y zonales al respecto son los que a partir de 2013, estamos generando desde el CTE.

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

- Las concentraciones de los metales detectados en las ostras del estuario de Bahía Blanca no superan los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo para la NOAA (ver valores resaltados en negrita de la tabla 1 del ANEXO I -Estuario de Bahía Blanca, página 60).
- 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.

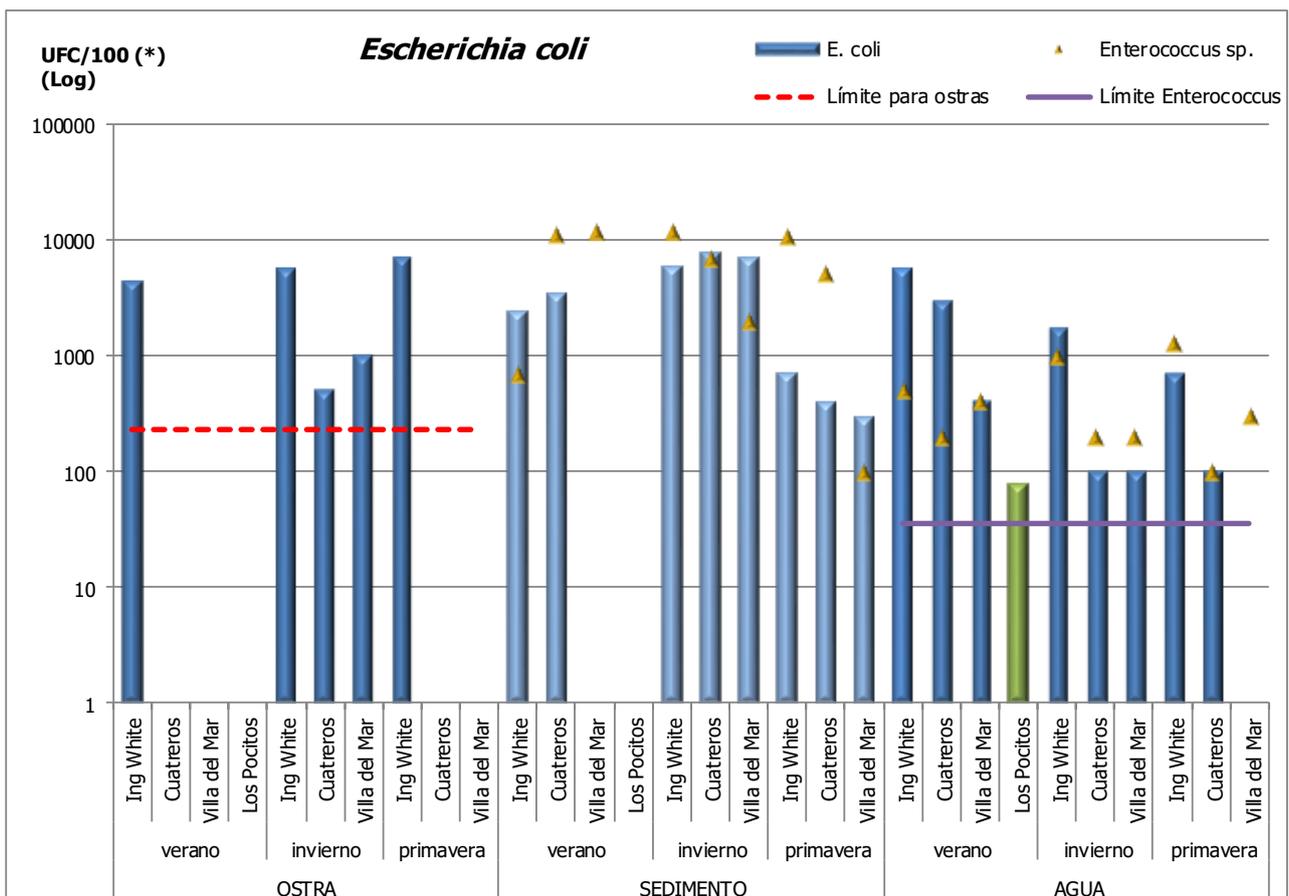
⁷Cantillo A.Y., (1997) World Mussel Watch database. U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Coastal Monitoring and Bioeffects Assessment Division. NOAA technical memorandum NOS ORCA 109, 198 pp.

3.3.3 Microbiología

• Escherichia coli

Se realizaron análisis bacteriológicos a las ostras, el sedimento y el agua que las rodea en tres muelles del estuario de Bahía Blanca y en una bahía prístina cercana (Los Pocitos). En esta estación utilizada como referencia, los recuentos de *E. coli* en agua y ostras, presentaron los menores valores y en ostras estos juntos con los de Villa del Mar de verano, fueron inferiores al límite legislado. En sedimento fue el sitio con mayor recuento de *E. coli*, situación opuesta a lo usual. Otra situación inusual es la ausencia de *E. coli* en las tres matrices en villa del mar.

Todos los recuentos del indicador de contaminación fecal *Escherichia coli* en muestras de agua, sedimento y en el tejido blando de las ostras extraídas de Puerto Cuatrerros, del Club Náutico de Ing. White y del balneario Los Pocitos, así como los *Enterococcus* spp. en sedimento y agua, se resumen en el siguiente gráfico:



(*)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 verde la estación fuera del estuario de Bahía Blanca, usada como referencia, Los Pocitos.

Los recuentos de *E. coli* en el tejido de ostras de todos los muestreos de Ing. White superaron lo establecido por el SENASA (230 *E. coli*/100 grs de ostra) para ser comercializadas directamente. En Pto. Cuatrerros y Villa del Mar solo se detectó en invierno y con concentraciones que superan el límite de SENASA. 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 tres matrices de Ingeniero White, son mayores a las demás estaciones.

Por su lado, se detectó la presencia de *Enterococcus* sp. En todos los sedimentos y aguas del estuario. Los recuentos en agua estuvieron por encima del límite para uso recreativo y contacto primario (35 colonias/100ml). En los pocitos y en cuatrerros en verano, no se detectó dicha bacteria. En Los Pocitos solo se encontró las *E. coli* en el agua y *Enterococcus* sp. no se detectó.

- **Salmonella sp.**

Este año no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en 25 grs de tejido de ostras, en ninguna muestra. En la tabla 2 del ANEXO I- Estuario de Bahía Blanca, pag 61 se detallan los resultados.

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

3.4 Conclusiones

Las concentraciones de metales en las ostras del estuario de Bahía Blanca continúan sin superar los umbrales de contaminación propuestos por Cantillo (1997) para la NOAA.

La concentración de Cd, Cr, Hg, Ni y Pb en el tejido blando de las ostras muestreadas siempre estuvo por debajo del promedio mundial para ostras y de los límites establecidos por la legislación nacional e internacional para consumo humano.

Las concentraciones en el tejido blando de las ostras analizadas, de Cu en todas las muestras y Zn en las de primavera, estuvieron por encima del promedio mundial para ostras y superan los límites establecidos para consumo humano, según el CAA, es por ello que se procedió a elevar esta información a las autoridades competentes para su conocimiento como se hace regularmente.

Se ve una tendencia general del Cu y el Zn a acumularse en las ostras, y del Cr, Ni y Pb a hacerlo en el sedimento.

Por su lado, los análisis microbiológicos concluyen que durante el 2018 los recuentos de *E. coli* en el tejido de las ostras de los sitios muestreados (a excepción de las muestras de Villa del Mar de verano) superaron el límite establecido por el SENASA por lo cual no serían aptas para su directa comercialización. Asimismo, no se detectó la presencia de *Salmonella* spp.

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

4 MONITOREO DE APORTES NO INDUSTRIALES

1. Monitoreo de Arroyos

1.1. Introducción

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

1.2. Muestreo

En función de los resultados obtenidos en los años anteriores, en el 2019 se continuó con el monitoreo de los cursos de agua más críticos con una frecuencia bimensual de muestreo. Este año se volvieron a muestrear el arroyo Saladillo de García y el Sauce Chico, que se habían discontinuado, ya que sus aportes contaminantes eran insignificantes, para seguir chequeando que esto es así, seguir completando la base de datos:

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

Estos cursos de agua recorren diferentes sectores con diversos usos: agrícola-ganaderos, urbanos, industriales, recreativos, rurales, hortícolas. Por esta razón y para evitar muestrear aguas arriba de alguna potencial fuente de contaminación, la toma de muestra se realiza sobre el tramo final de los cursos de agua próximo a su descarga al estuario de Bahía Blanca.

La toma de muestras de sedimento en estos arroyos suele ser dificultosa, por el tipo de sedimento y de lugar y las condiciones del mismo (presencia de residuos de todo tipo). A pesar de los esfuerzos de muestreo, respetando las buenas prácticas, la muestra puede estar conformada además de los

sedimentos propios del cauce y las formas biológicas que en él habitan, por restos de residuos que pudiesen interferir en las determinaciones.

1.3. Análisis Realizados

Se practicaron los análisis fisicoquímicos habituales para cursos de agua así como determinaciones de mercurio en el laboratorio del CTE y se completaron los mismos con análisis de metales en agua y sedimentos (derivado a laboratorio externo) y bacteriológicos en agua. Éste último realizado por profesionales de la asignatura Microbiología General de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en el marco del convenio "Estudios bacteriológicos en la zona de la Planta de Tratamiento para la Tercera Cuenca, y afluentes al estuario". Entre los parámetros bacterianos, se cuantificó la presencia de *Escherichia coli*, heterótrofas terrestres. La metodología empleada se encuentra descripta en el informe final de dicho convenio.

1.4. Resultados

En el del ANEXO II -Estuario de Bahía Blanca se presentan las tablas 3, 4, 5 y 6 (páginas 62-65) donde se resumen todos los resultados de los análisis realizados para cada cauce, durante 2019 y los valores de referencia.

A fin de poder contrastar nuestros resultados con valores guía que den indicios de la calidad del recurso, los resultados en aguas se comparan con los límites para agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA en la provincia de Buenos Aires y los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente⁸ y las directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas⁹ del Ministerio de Salud de la Nación. Mientras que los resultados en sedimentos se comparan con los indicadores de referencia establecidos por la NOAA (SQiRTs)¹⁰, particularmente con el nivel de protección de la vida acuática más exigente "threshold effects level" (TEL).

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.

⁸Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/secretaria-de-infraestructura-y-politica-hidrica/niveles-guia-de-calidad-de-agua-ambiente>.

⁹ Dirección de Salud Ambiental de la Nación. Resolución Ministerial 125/2016. Modulo II. Aprobado en 2017 por la Comisión Permanente de Revisión Anual de Normas de Calidad de Agua de Uso y Consumo Humano (COPERANCAUCH). http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001149cnt-directrices_sanitarias_para_enteropatogenos.pdf.

¹⁰Buchman, M. F. (2008). NOAA Screening Quick Reference Tables. NOAA OR&R Report 08-1 Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Atmospheric and Oceanic Administration: 34 pages.

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 siempre superó el límite de 0,025 mg/l, como viene sucediendo desde que se comenzó a medir en el 2016.
- pH: En el Napostá el pH osciló entre 8,3-8,7 (siendo 8,3 el promedio histórico), en el canal Maldonado entre 8,6–9,3 (promedio histórico: 8,9), en el arroyo Sauce Chico los valores fueron de 8,9- 9,1 (promedio histórico: 8,8) y en el arroyo Saladillo de García 8,4-9,2 (promedio histórico: 8,9). El límite superior de 8,5 upH que indica la resolución, fue superado en todos los muestreos del Maldonado y del Sauce Chico, en dos muestreos del Saladillo de García y en uno del Napostá. El pH del Napostá es en promedio, el único que está dentro del límite.
- turbidez: solo sobrepasó el límite de 100 NTU en dos muestreos del Saladillo de García.
- demanda biológica de oxígeno (DBO): superó el límite de 10 mg/l en verano en Maldonado, Napostá y Saladillo de García.

1.4.2. Metales

Los metales pesados analizados en agua, como viene viéndose años atrás, en la mayoría de los metales dieron no detectables en todos los cursos de agua, utilizando límites de detección muy bajos (indicados en cada caso en las tablas 3, 4, 5 y 6 del ANEXO II). Las concentraciones detectadas fueron de zinc, cobre, plomo y mercurio y son menores a los niveles guía para agua dulce de uso recreativo de la Resolución 42/2006.

En los sedimentos se detectaron todos los metales analizados, menos el Cd. Dichos metales se presentaron en concentraciones inferiores al indicador de referencia "TEL" para protección de la vida acuática establecido por la NOAA (SQuiRTs), a excepción en una muestra del arroyo Napostá con un valor de cromo de 130 ppm que superó el límite de 37,3 ppm.

1.4.3. Microbiología

La cuantificación de *Escherichia coli*, como indicador de contaminación fecal viene siendo un parámetro crítico desde los inicios de este estudio como queda visualizado en el gráfico 1 del ANEXO II -Estuario de Bahía Blanca (páginas 66).

Se calculó la media geométrica anual de *E. coli* en cada uno de los cuerpos de agua. La media del arroyo Napostá fue de 5195 UFC/100ml, siendo levemente menor que el año anterior y similar a la media de los últimos 7 años (5535 UFC/100ml). En el canal Maldonado la media geométrica anual fue de 4273 UFC/100ml, casi el doble del año anterior y mayor aun a los últimos 7 años (3493

UFC/100ml). La media del arroyo Sauce Chico fue de 404 UFC/100ml, siendo similar a la media de todos nuestros registros (515 UFC/100ml). La media del arroyo Saladillo de García fue de 2013 UFC/100ml, es mayor a la media de todos nuestros registros (671 UFC/100ml). Esas medias superan ampliamente el límite de 126 UFC/100ml en agua dulce de uso recreativo según la Resolución 42/2006 del ADA y los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente para recreación humana con contacto directo. El Límite de Confianza Superior (LCS)¹¹ menos exigente, para el recuento de *E. coli* en una muestra de agua aislada de uso recreativo infrecuente (nivel de confianza del 95%) que es de 573 UFC/100ml, fue siempre superior en el Maldonado y Napostá, mientras que en el Sauce Chico en dos de los tres muestreos fue inferior (200 y 300 UFC/100m) y en el Saladillo de García en una oportunidad (500 UFC/100ml).

Las mayores 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 medias geométricas de heterótrofas de origen terrestre en las desembocaduras de los afluentes muestreados fueron en el canal Maldonado de 10150 UFC/ml; mientras que en el arroyo Napostá fue de 13617 UFC/ml, en el Sauce Chico fue de 20057 UFC/ml y en el Saladillo de García de 26061 UFC/ml. Este último curso de agua es el que presenta mayor recuentos, particularmente el último muestreo del mismo presentó también una alta carga bacteriana de *E. coli* y alta DBO, probablemente estos valores altos se deban a una mayor carga de materia orgánica

1.5. Conclusiones

Los arroyos mostraron en general, parámetros fisicoquímicos acordes a los esperados para estos cursos y según las estaciones del año, con una variación sostenida a lo largo de los años. Las muestras del canal Maldonado presentaron 9 desvíos de parámetros fisicoquímicos a la resolución del 42/2006, mientras que las del arroyo Napostá presentaron 8 desvíos, el Sauce Chico 9 desvíos y el Saladillo de García 11 desvíos.

En agua los metales pesados presentaron muy bajas concentraciones, menores a los niveles guía para agua dulce de uso recreativo de la Resolución 42/2006.

¹¹Secretaría 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>.



En el sedimento de todos los cauces, se detectaron casi todos los metales, pero en concentraciones menores respecto al nivel de protección de la vida acuática "TEL", a excepción de una muestra del arroyo Napostá en la que el cromo superó dicho nivel.

Como viene informándose, es para destacar los altos registros bacteriológicos de *Escherichia coli* en la desembocadura de los cursos de agua en estudio, particularmente el arroyo Napostá y el canal Maldonado, donde estos promedios son aún mayores. 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 EPA Draft Guidelines¹² (2012) y contacto directo según Resolución 46/2017 de la ACUMAR.

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

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

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

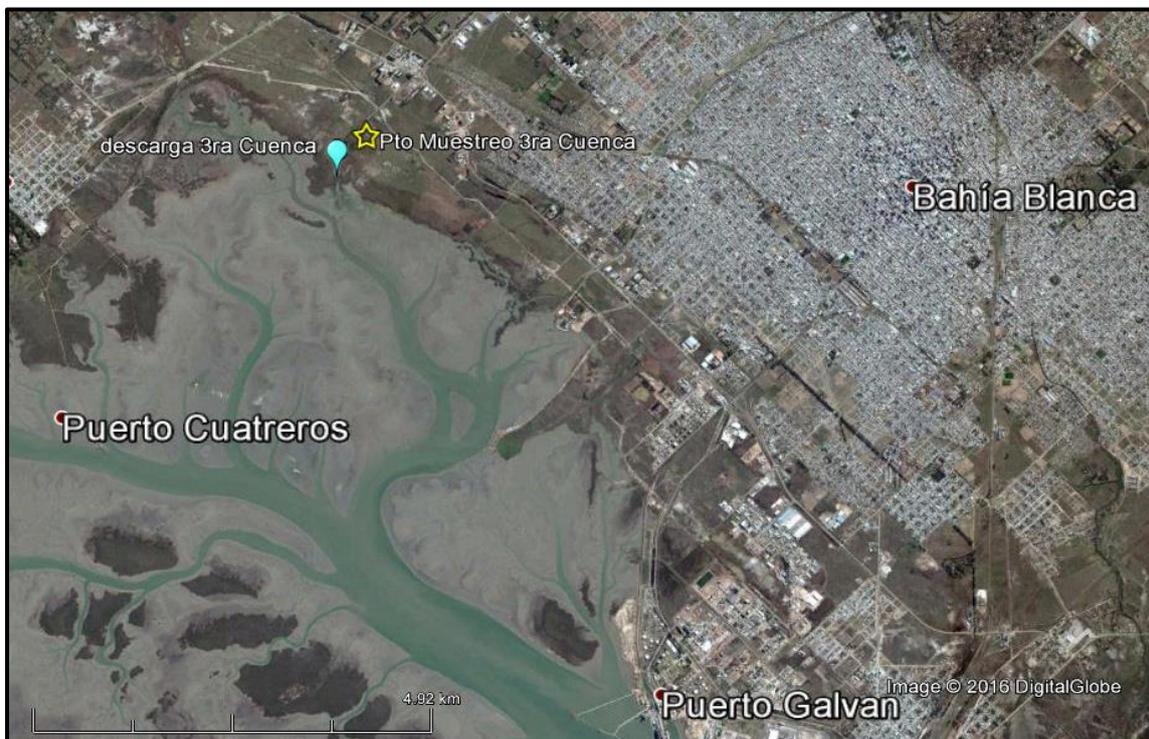
El CTE, a pedido del Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca, viene realizando, el seguimiento y monitoreo de la descarga de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales 3^{ra} Cuenca (PTLC), desde marzo de 2009. Así mismo, en conjunto con el Laboratorio de Microbiología General de la UNS se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

2.1 Marco Legal

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

2.2 Muestreos

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



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

El periodo de monitoreo fue mensual de enero a diciembre de 2019.

In situ se hicieron algunas mediciones (pH, T°, conductividad y cloro libre), y se tomaron muestras para hacer determinaciones de parámetros de calidad de agua (en laboratorio del CTE), metales (laboratorio externo habilitado por OPDS) 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, 17º edición.

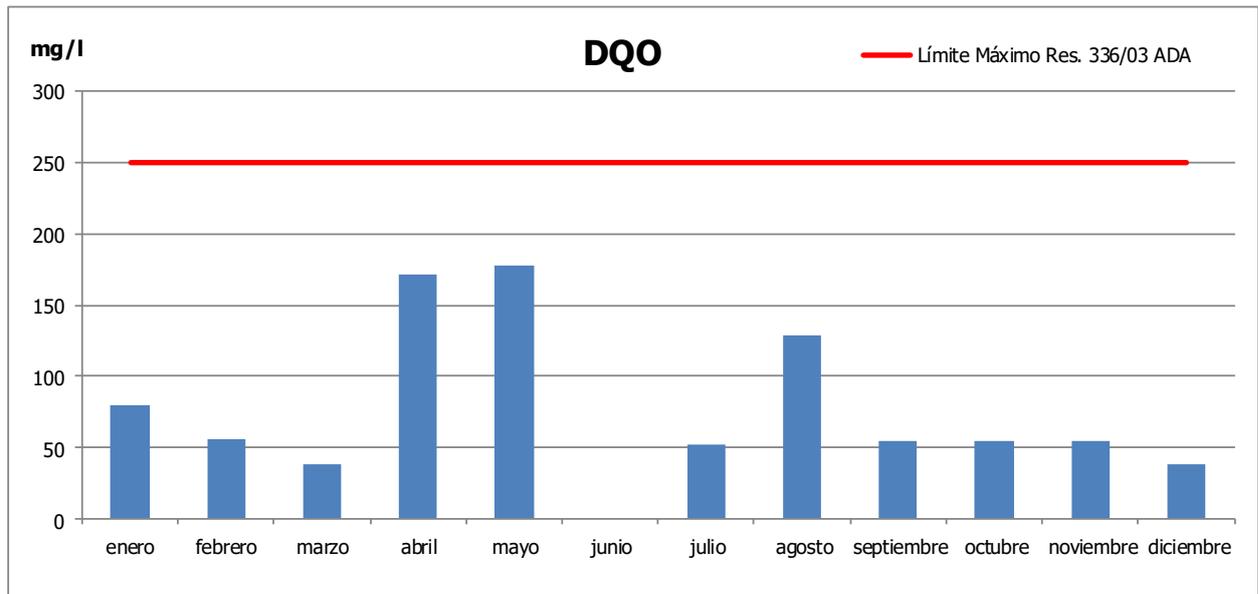
2.3 Resultados

En la tabla 7 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 67, se presentan los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos efectuados en las muestras tomadas en la descarga final de PTLC para la 3ª cuenca.

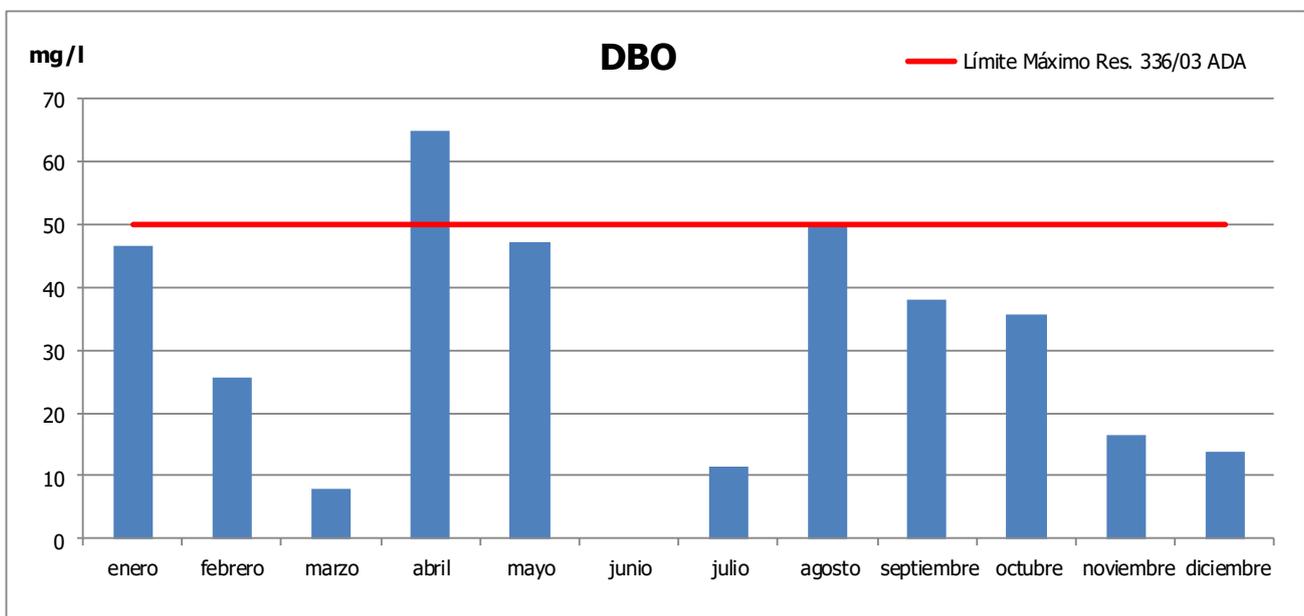
Durante 4 meses la planta se encontró parada por mantenimiento, durante ese periodo el efluente cloacal fue volcado directamente al estuario sin tratamiento. Debido a ello, se intensificaron los muestreos en la zona del estuario utilizada para evaluar el impacto.

Del análisis de los resultados obtenidos en el año se desprende que:

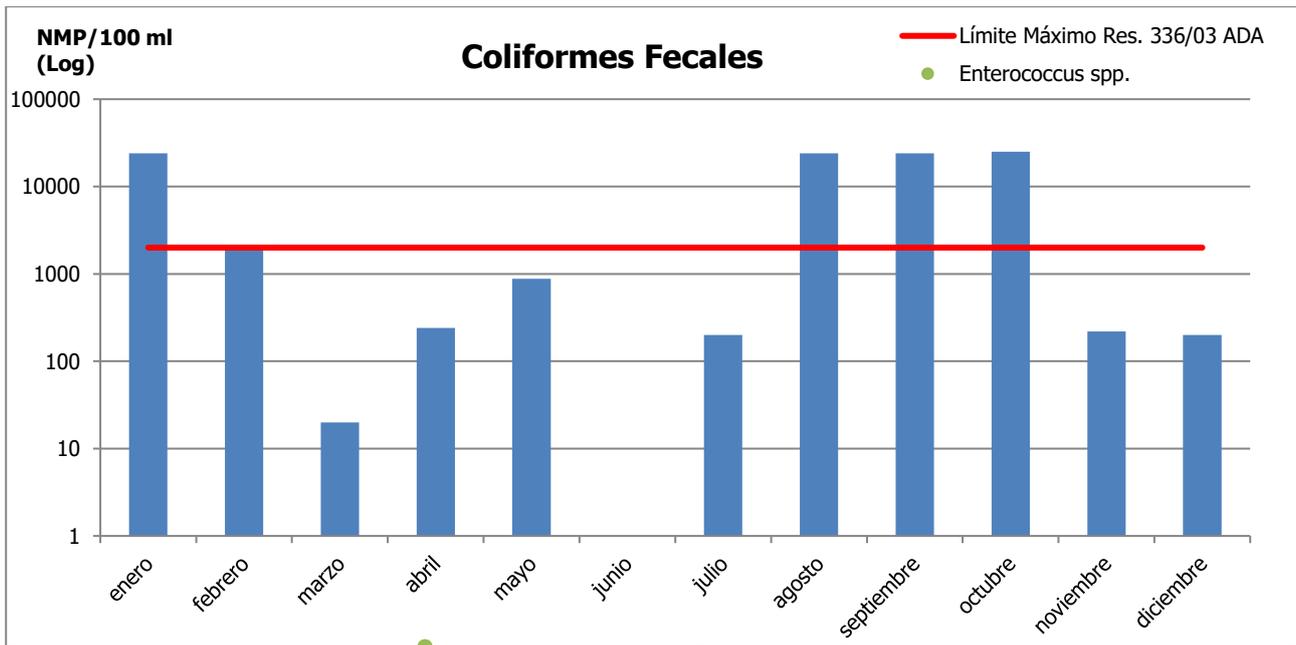
- Los parámetros no legislados presentaron valores esperados, acordes al tipo de efluente.
- La temperatura y el pH siempre presentaron valores dentro de los límites admisibles. El promedio anual de temperatura fue de 20,8°C. El pH presentó un promedio de 7,6 upH, con un valor máximo de 7,9 upH y un mínimo de 7,3 upH.
- Los sólidos sedimentables en 10 minutos se detectaron en el 55% de las oportunidades y en 100% de las ocasiones superaron el límite para 2 horas de sedimentación.
- En cinco oportunidades las determinaciones de nitrógeno total, arrojaron valores superiores a lo permitido.
- El cloro libre de las muestras, presentó valores por debajo del límite máximo permitido.
- Se detectó ocasionalmente zinc, níquel, cromo, cobre, plomo y mercurio en muy bajas concentraciones por debajo de los límites admisibles.
- No se detectó la presencia de cadmio.
- La demanda química de oxígeno (DQO) no presentó valores por encima de los límites admisibles. El promedio anual fue de 82 mg/l, con un máximo de 178 mg/l y un mínimo de 38 mg/l.



- Solo una determinación de DBO superó el límite admisible para descarga a agua superficial. Esto representa menor cantidad de desvíos de este parámetro crítico en este efluente, que en los últimos años. Los valores generales presentaron un promedio de 32,5 mg/l, con un máximo de 65 mg/l y un mínimo de 8 mg/l. Esto puede visualizarse en el siguiente gráfico:



- El 33% de las determinaciones de coliformes fecales superaron el límite máximo admisible para descarga a agua superficial de la res. 336/3 de la ADA. La media geométrica anual fue de 1343 NMP/100ml con máximos recuentos 25000 NMP/100ml en octubre y un mínimo <20 NMP/100ml. En el gráfico siguiente pueden visualizarse los recuentos del 2019 en escala logarítmica:



- Los recuentos de *Enterococcus* spp, marcados en el gráfico anterior, acompañaron la variación de las coliformes fecales cuando éstas estaban elevadas, presentando valores máximos 40000 UFC/100ml y mínimos de 100 UFC/100ml.

En el gráfico 2 del ANEXO III-Estuario de Bahía Blanca, página 68, podemos ver la evolución de los recuentos de coliformes fecales desde el 2009 a la fecha, los máximos recuentos así como la cantidad de desvíos a la norma han disminuido, mientras que han aumentado los no detectables.

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

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

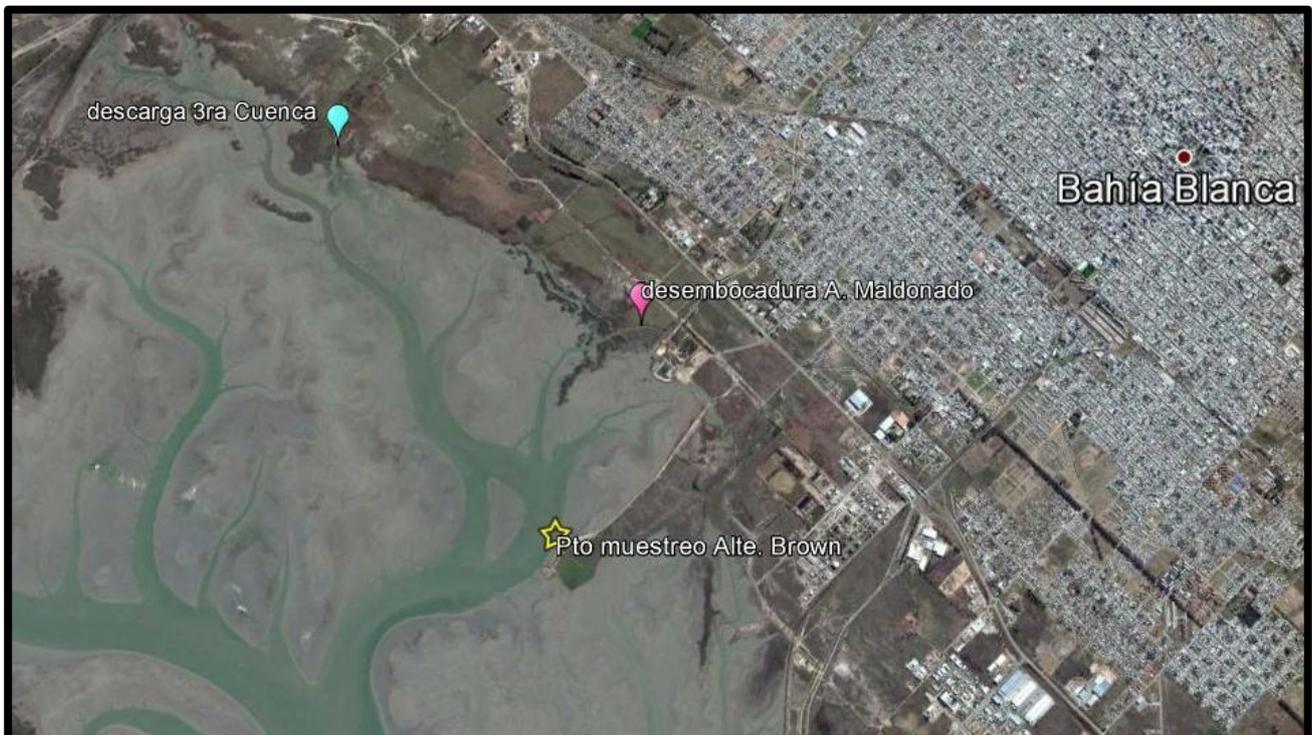
3.1 Marco Legal

La Resolución ADA N° 42/2006 establece como valor de referencia para *Enterococcus* en agua marina de uso recreativo un valor de 35 colonias/100 ml, este límite coincide con el internacional para aguas de contacto primario dado por la U.S.E.P.A¹³. Por otro lado, no se compararon los valores de metales con ningún niveles guía ya que las determinaciones se realizaron sobre el agua entera, sin filtrar, no sobre la fracción disuelta.

3.2 Muestreos

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

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



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

¹³U.S. EPA 2012. Water Quality Standards Handbook. Second edition. EPA-823-B-12-002.

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

3.3 Resultados

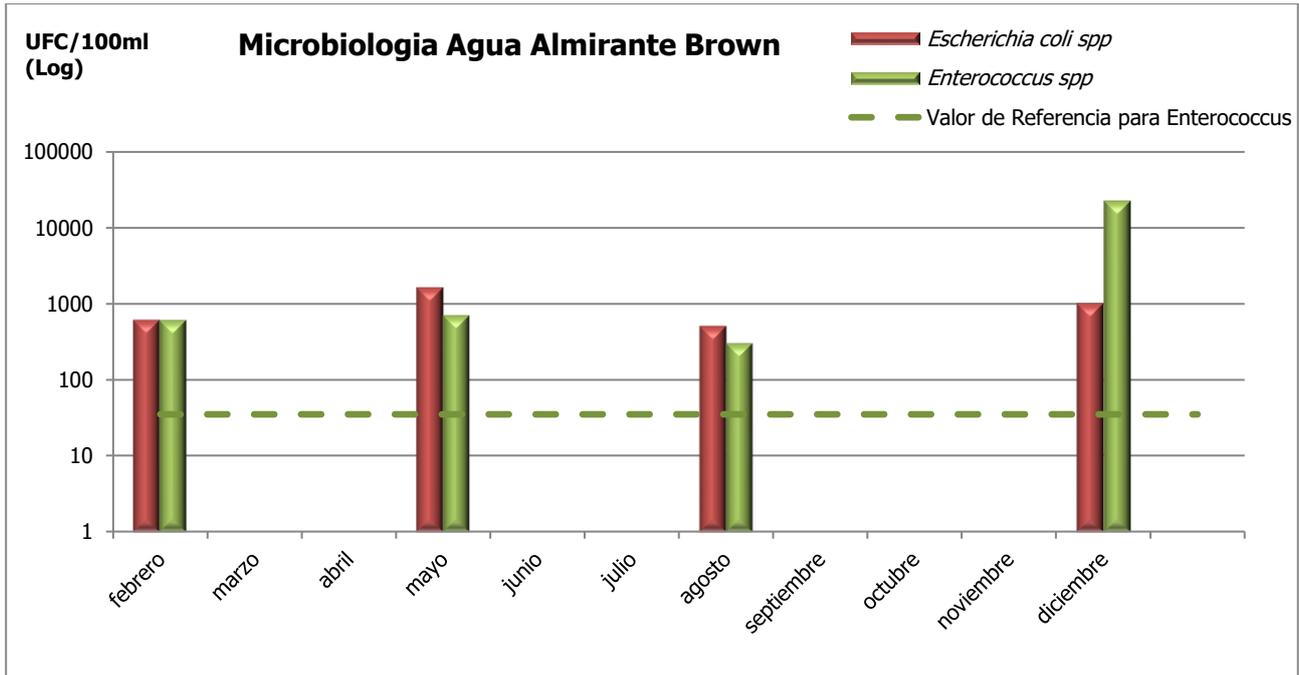
En la tabla 8 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 69, se presentan todos los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos de las muestras de agua y sedimento de la zona del ex-club Almirante Brown.

- **En Agua**

La Res. ADA N° 42/2006 plantea límites de algunos indicadores de calidad de agua para la recreación y protección de la vida acuática (para el río de la plata y su frente marítimo); según estos, la turbidez monitoreada el 75% de los muestreos sobrepasa el límite de 100 NTU (valor adoptado para Buenos Aires).

Las determinaciones se realizaron sobre el agua entera, sin filtrar, no sobre la fracción disuelta. Es por ello que solo se pueden comparar con las determinaciones realizadas en el monitoreo de ostras. De ello resaltan valores máximos de cobre en agua superiores a los monitoreados en la zona de muelles muestreadas junto a las ostras.

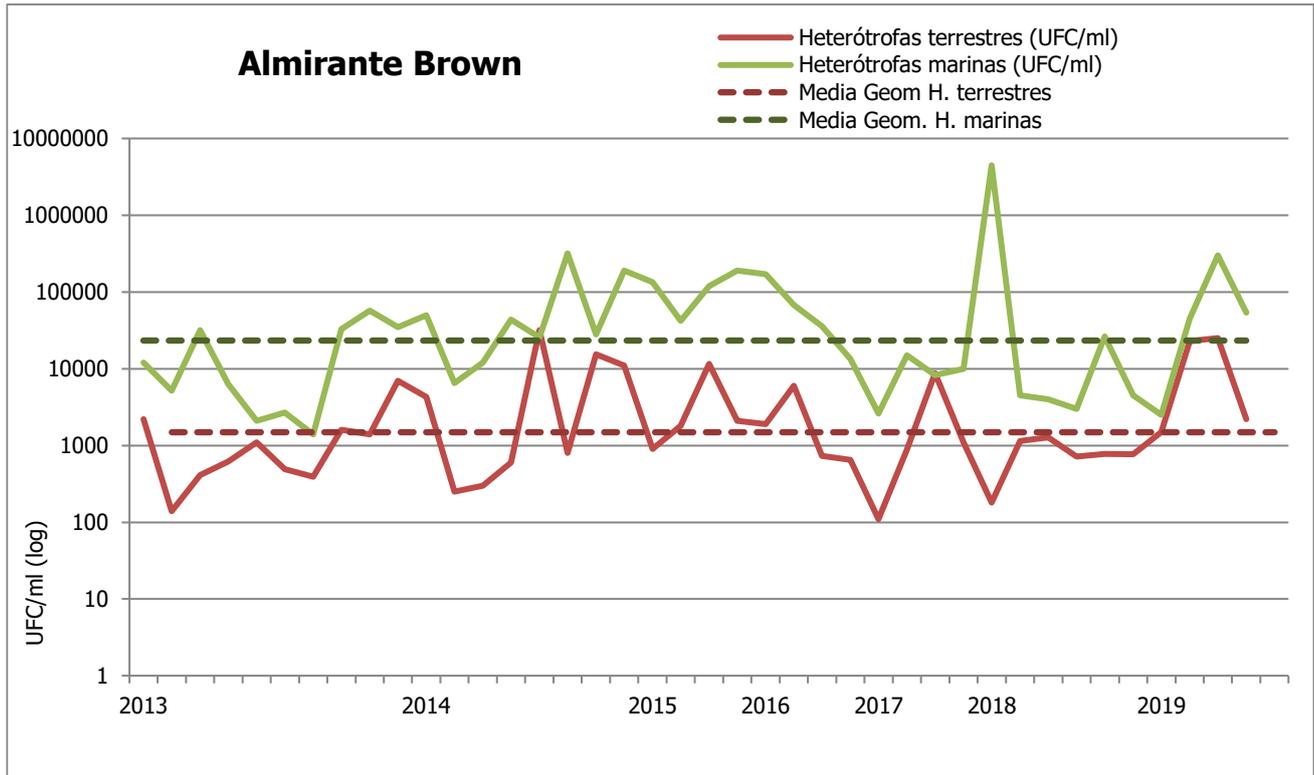
En cuanto a la microbiología, los recuentos de *Escherichia coli* en agua variaron entre 500 hasta 16000 UFC/100 ml. Por su parte, la cuantificación de *Enterococcus* spp. siempre superó el valor de referencia de la Res. ADA N° 42/2006 (35 colonias/100 ml para aguas marinas de recreación) con recuentos entre 300 y 22000 UFC/100ml, excepto en mayo. Esto puede visualizarse en el siguiente gráfico:



Tanto el máximo como el mínimo de *Enterococcus* spp. fueron mayores al 2018, incluso el valor de *Enterococcus* de diciembre fue el mayor registro que tenemos para ese punto de muestreo. En general ambos indicadores tuvieron una variación similar al año anterior, como puede visualizarse en el siguiente gráfico 2 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 70.

Como viene sucediendo años anteriores, los aumentos y disminuciones de *Escherichia coli* en la zona de evaluación, se relacionan 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^{ra} Cuenca y el canal Maldonado para tener datos complementarios a la hora de evaluar el impacto en esta zona del estuario bajo estudio. En el gráfico 3 del ANEXO IV-Estuario de Bahía Blanca, página 71, se puede visualizar dicha relación a través de los años.

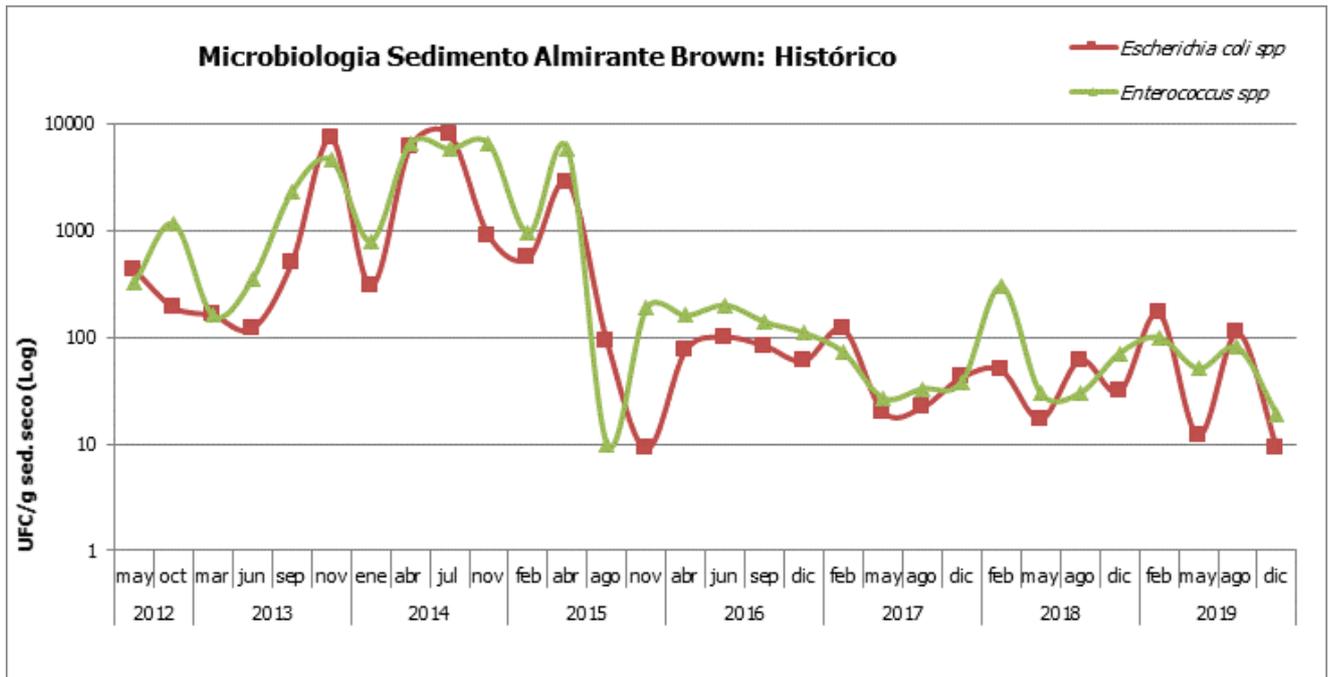
En cuanto a las bacterias heterótrofas, en el siguiente gráfico se sigue observándose la preponderancia de las bacterias heterótrofas marinas con respecto a las terrestres, ya que las primeras son autóctonas de la zona de muestreo donde se desarrollan plenamente. Los recuentos de bacterias heterótrofas de origen marino oscilaron entre 2500 y 300000 UFC/ml, con tres valores de cuatro, por encima de la media geométrica. En el caso de las bacterias heterótrofas de origen terrestres los recuentos fluctuaron entre 1500 y 25000 UFC/ml, dichos valores sobrepasan la media geométrica de los mismos y se al aporte de dichas bacterias del continente al estuario.



● **En sedimentos**

Se compararon las mediciones de metales en sedimentos de almirante Brown con los indicadores de referencia más exigentes "threshold effects level" (TEL), establecidos por la NOAA (tabulados en la página 33) para la protección de la vida acuática en sedimentos marinos y no se registraron valores que los superen.

Los recuentos de *Escherichia coli* en sedimento oscilaron entre 9 y 169 UFC/g y los de *Enterococcus* spp. lo hicieron entre 19 y 100 UFC/g.



Estos registros se los comparan con los de los últimos años en el gráfico anterior, donde puede visualizarse que durante el 2019 ambos indicadores presentaron las mismas fluctuaciones, con recuentos variaron entre valores poco elevados.

3.4 Conclusiones

La planta de tratamiento de residuos cloacales 3^{ra} Cuenca, entre febrero y julio mostró un buen rendimiento, luego agosto a octubre no logró estabilizar su efluente, el que se recuperó en noviembre.

La falta de un tratamiento terciario en la planta depuradora (condicionamiento de la Res. N° 1826/2006 del OPDS) con el aporte continuo de efluente al arroyo Saladillo de García cerca de su desembocadura al estuario de Bahía Blanca con parámetros fuera del rango aceptable por la Resolución 336/2003 de la Autoridad del Agua, impacta al cuerpo receptor final.

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



ANEXOS

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Estuario de Bahía Blanca



ANEXO I: Ostras

Gráficos de metales en diferentes matrices

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

Referencias:

CAA: Código Alimentario Argentino, Límite admisible para consumo.

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

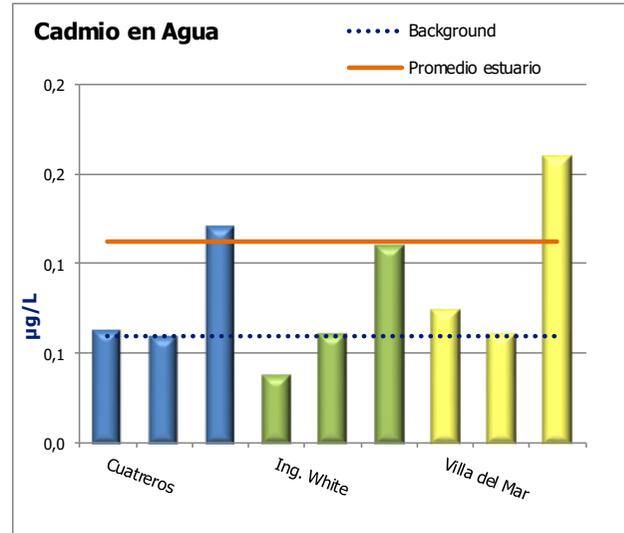
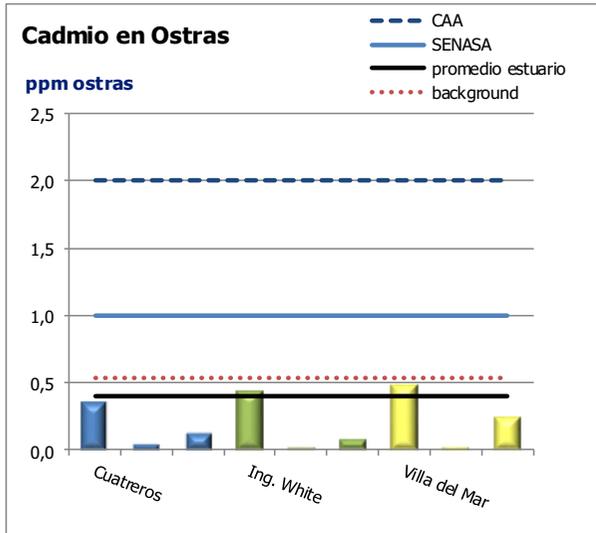
FDA: Food and Drugs Administration, Límite admisible para consumo.

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

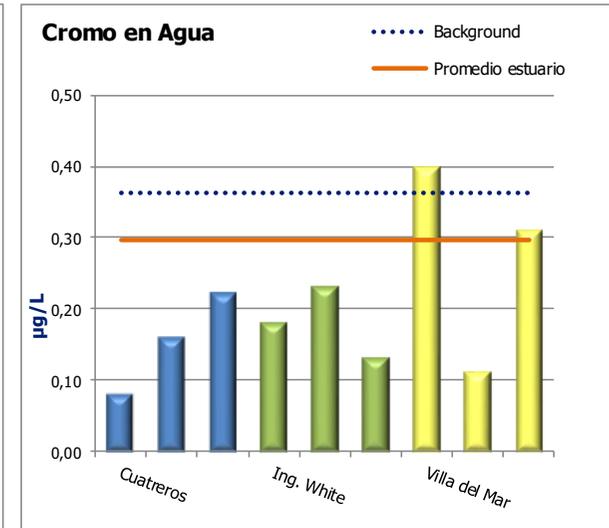
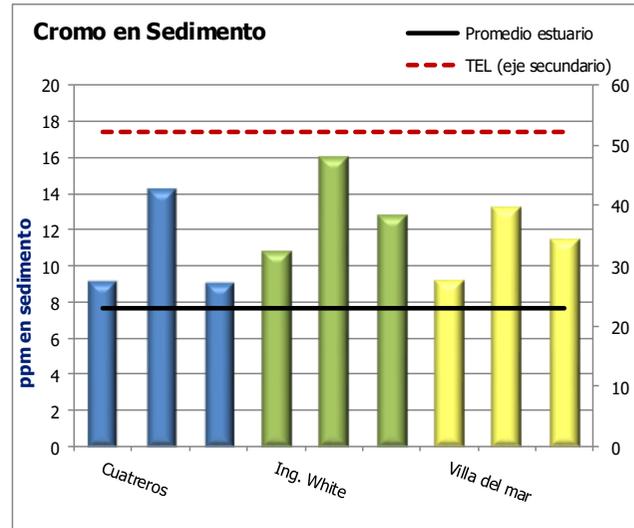
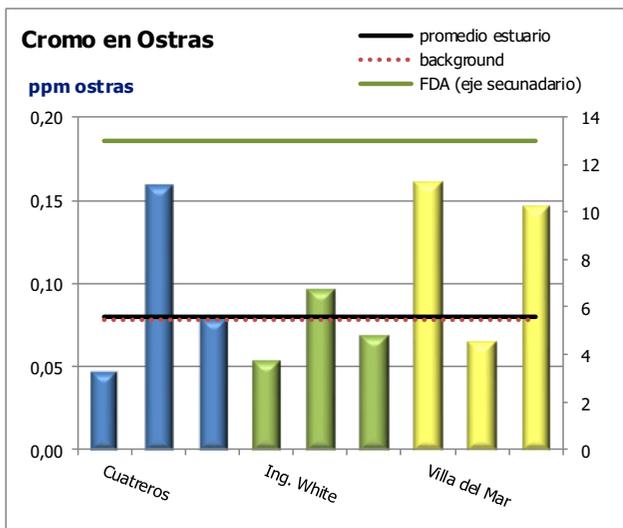
Background: promedio de mediciones de cada metal en cada matriz de Los Pocitos, considerado como lugar prístino.



Gráficos de concentración de Cadmio

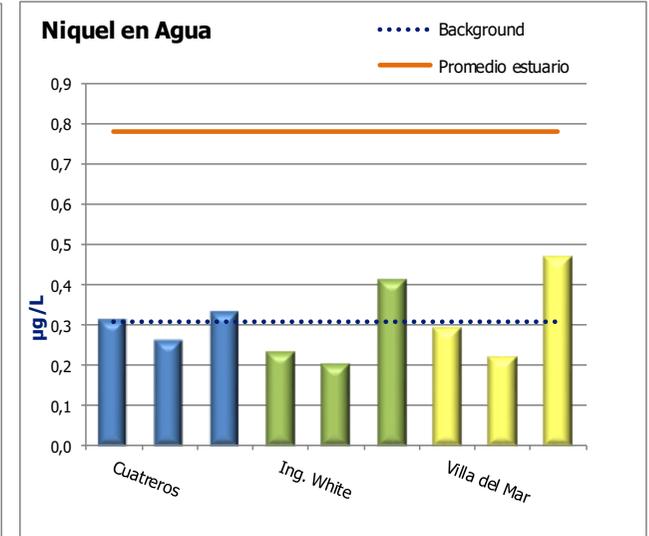
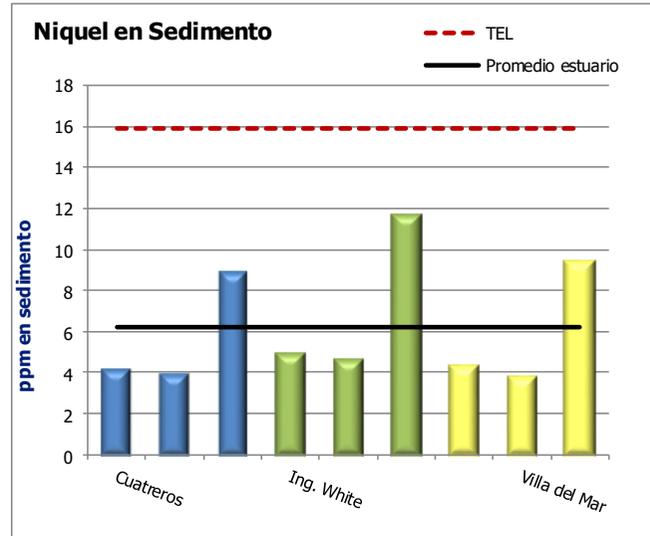
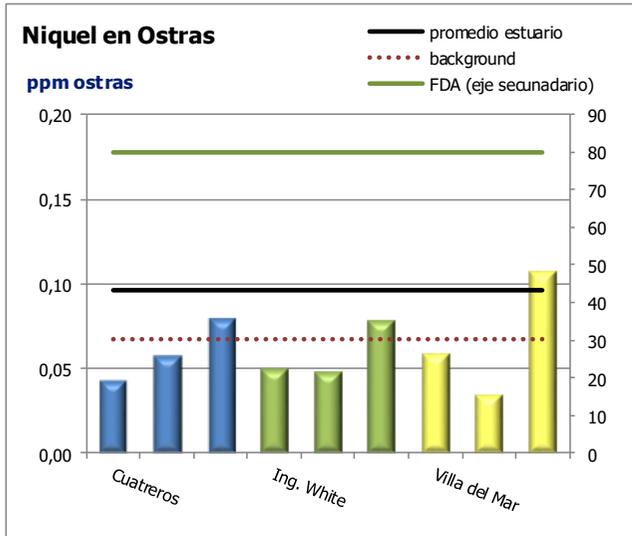


Gráficos de concentración de Cromo

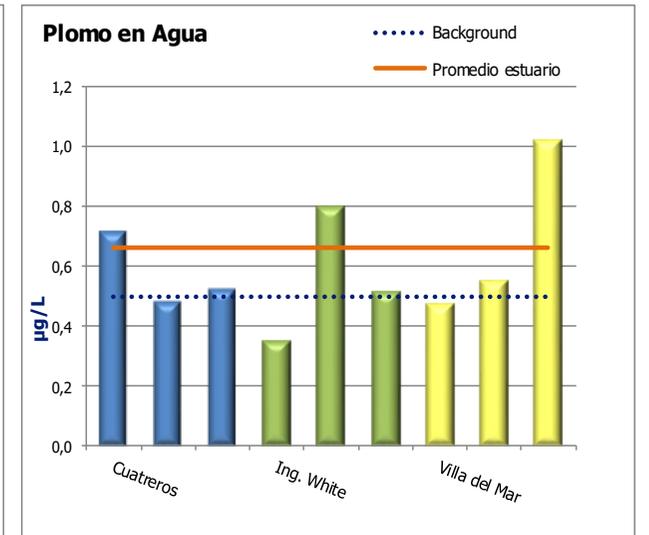
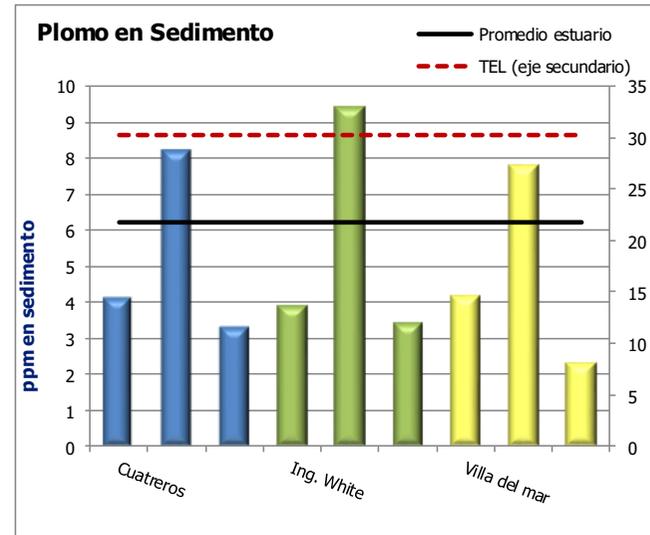
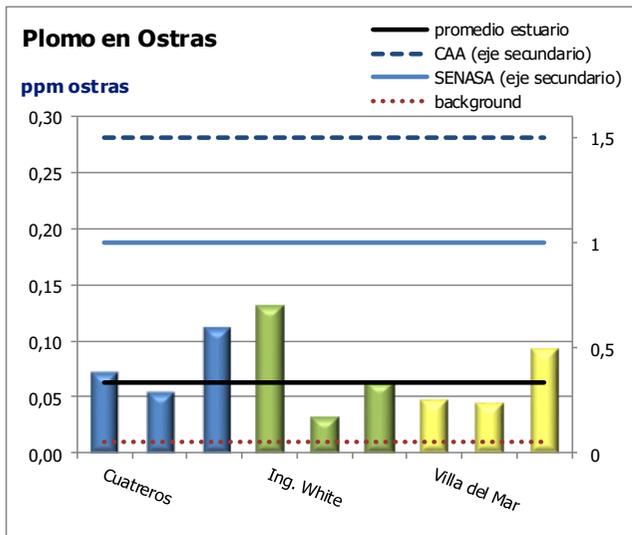




Gráficos de concentración de Níquel

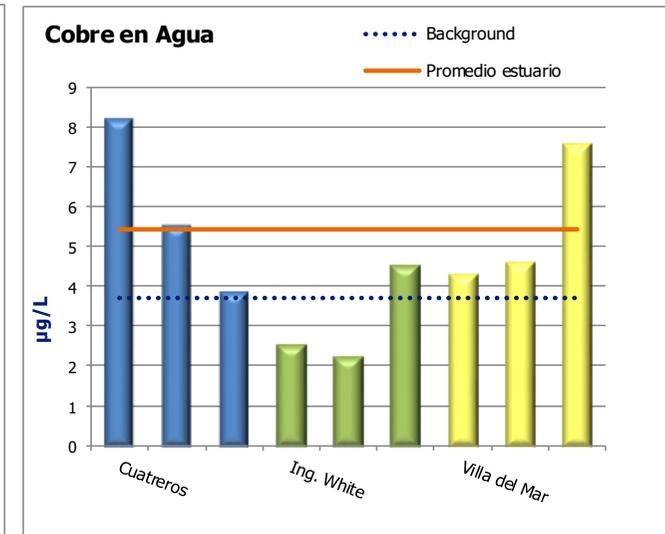
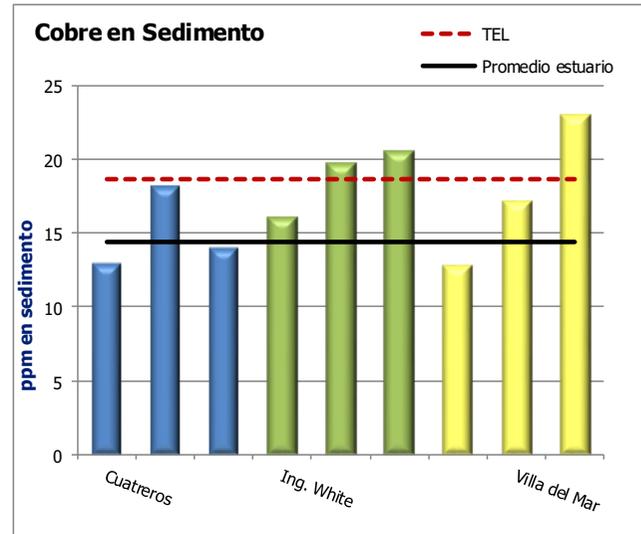
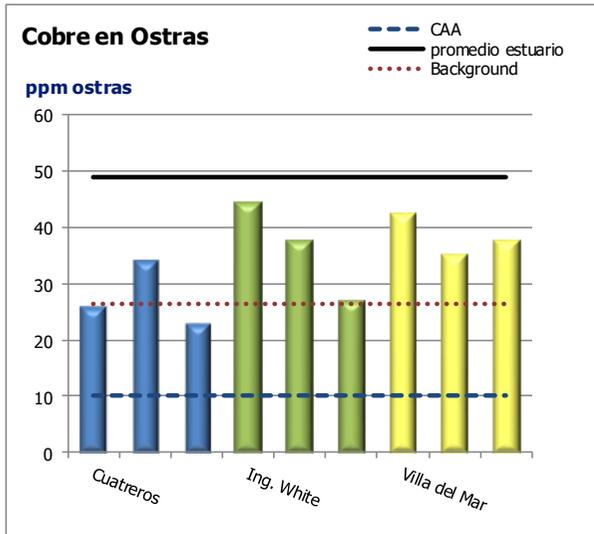


Gráficos de concentración de Plomo

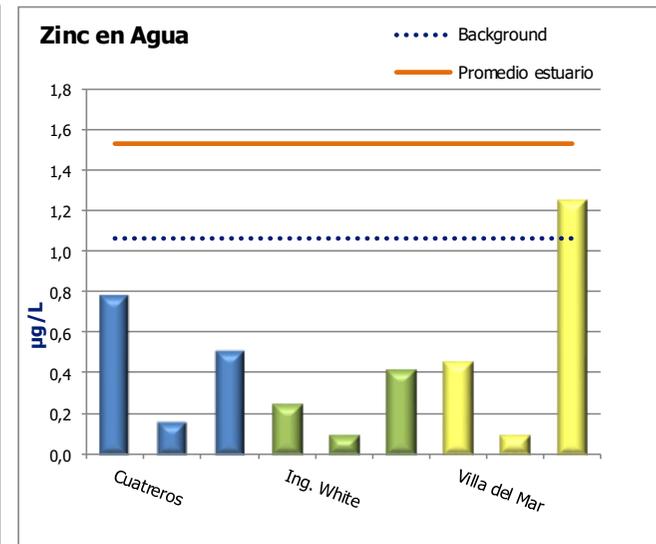
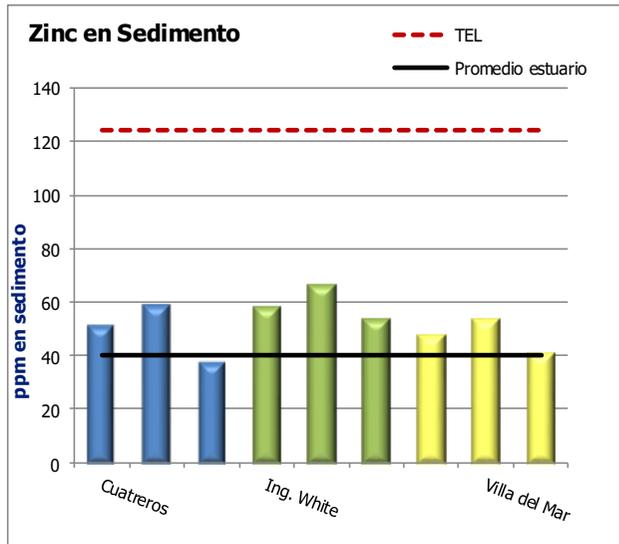
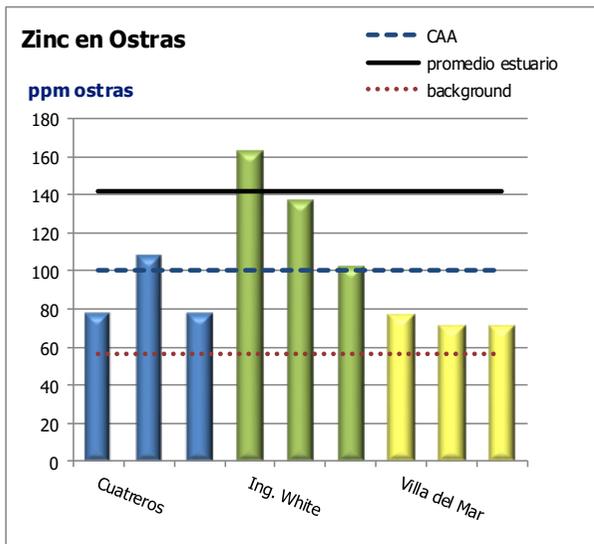




Gráficos de concentración de Cobre



Gráficos de concentración de Zinc





Gráficos de concentración de Mercurio

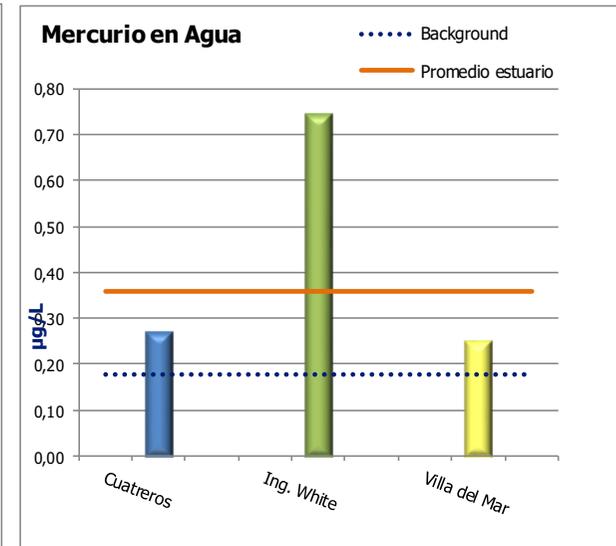
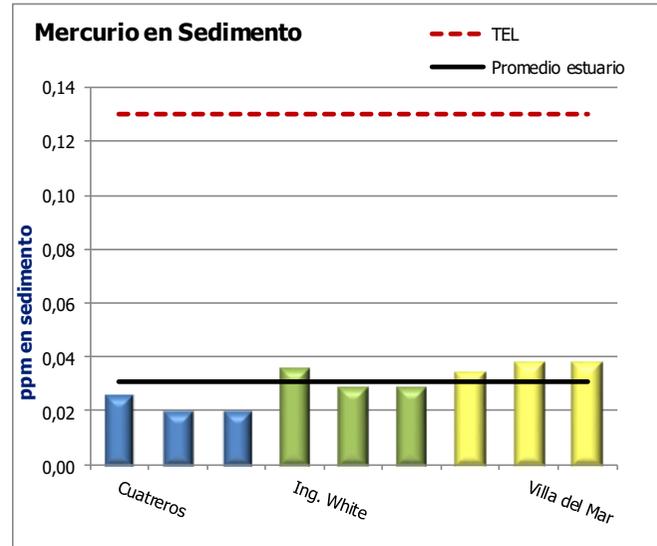
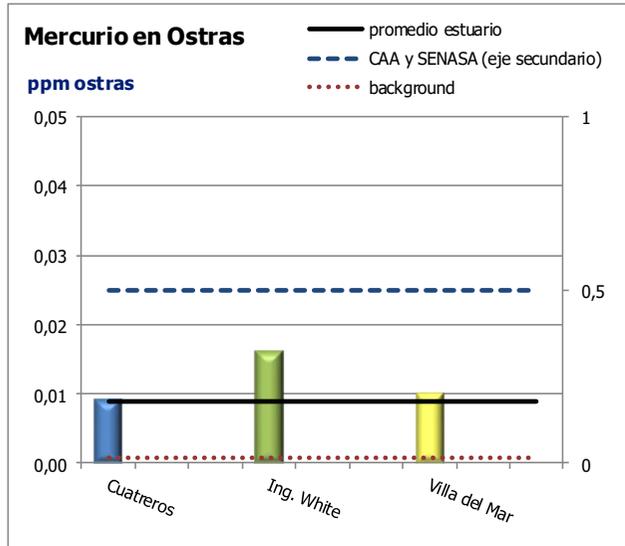




Tabla 1: Concentraciones mundiales de metales en tejido blando de ostras, promedio y umbral de contaminación (ppm en peso húmedo)

Especie	Lugar	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Referencia
<i>Crassostrea gigas</i>	Ing. White. Estuario de Bahía Blanca	0,39	0,07	52,4	0,008	0,14	0,06	184	Promedio PIM 2013-2019
<i>Crassostrea gigas</i>	Cuatrerros. Estuario de Bahía Blanca	0,40	0,07	44,1	0,007	0,13	0,06	130	Promedio PIM 2013-2019
<i>Crassostrea gigas</i>	Villa del Mar. Estuario de Bahía Blanca	0,41	0,11	49,8	0,005	0,16	0,06	86	Promedio PIM 2013-2019
<i>Crassostrea gigas</i>	Los Pocitos. Bahía Anegada	0,53	0,08	26,5	0,013	0,07	0,05	56	Promedio PIM 2013-2019
<i>Crassostrea gigas</i>	Taiwán (China)*	0,19	-	23-410	0,019	0,55	1,29	110-172	Hsu (1979), Han y Hung (1990), Young y Hsien (2003)
<i>Crassostrea gigas</i>	Bahía Hansan-Koje (Corea)*	0,54	-	6,3	-	-	-	110	Hwang <i>et al.</i> (1986)
<i>Crassostrea gigas</i>	Sedenia (Italia)	0,15	-	-	0,017	-	0,108	-	Piras <i>et al.</i> (2013)
<i>Crassostrea gigas</i>	Golfo de Vizcaya (España)*	0,2	3,8	74,9	0,146	0,418	0,578	416	Solaun <i>et al.</i> (2013)
<i>Crassostrea gigas</i>	Bahía Kaneohe (EEUU)*	-	-	33,5	-	-	0,122	173	Hunter <i>et al.</i> (1995)
<i>Crassostrea gigas</i>	Río Tamar (Australia)*	-	-	14,5-38,1	-	-	0-0,8	446-2984	Ayling (1974)
<i>Crassostrea gigas</i>	Knysna (Sudafrica)*	1,8	-	6,6	-	0,32	-	85	Watling y Watling (1976)
<i>Crassostrea gigas</i>	Isla Kyushu (Japón)*	3,92	-	1022	-	-	2,9	-	Szefer <i>et al.</i> (1997)
<i>Crassostrea gigas</i>	Costa Escocesa	0,32	0,5	13,8	-	0,823	0,12	231	McIntosh <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea angulata</i>	Estuario de Guadalquivir (España)*	-	-	595,8	-	-	-	1946	Cordon (1987)
<i>Crassostrea virginica</i>	Long Island Sound (EE.UU.)*	-	-	114-216	-	-	-	-	Zarogian (1979)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía de St. Louis (EE.UU.)*	-	-	9,2-39,4	-	-	-	52-1026	Lytle y Lytle (1982)
<i>Crassostrea virginica</i>	Costa Atlántica (EE.UU.)	-	0,4	91,5	-	0,19	0,47	1428	Pringle <i>et al.</i> (1968)
<i>Crassostrea virginica</i>	Bahía Chesapeake (EE.UU.)	3,41	-	10,9-273	-	-	-	505-3033	Wright <i>et al.</i> (1985)
<i>Crassostrea virginica</i>	Veracruz (México)	7,32-11,77	20-33,6	202-280	-	7,62-14	21,42-11	157-3352	Lango-Reynoso <i>et al.</i> (2010), Ávila Perez <i>et al.</i> (1993), Anton (2002), Galaviz (2003) y Guzman (2005)
<i>Crassostrea virginica</i>	México*	0,82	-	65,2	-	-	1,76	126	Vázquez <i>et al.</i> (1993)
<i>Crassostrea margaritacea</i>	Costa sur de Suráfrica*	-	-	1-19,4	-	-	-	25-1303	Watling y Watling (1974)
<i>Crassostrea madrasensis</i>	Estuario Ennore (India)*	0,53	4,6	47,6	-	2,9	1,005	150,5	Joseph y Srivastava (1993)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Sepetiba (Brasil)*	1,9	1,606	4,9	-	3,62	2,7	1900	Lima <i>et al.</i> (1986); Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Bahía Guanabara (Brasil)*	0,08	-	29,6	-	0,68	<0,26	260,6	Gomes <i>et al.</i> (1991)
<i>Crassostrea brasiliensis</i>	Estuario de Cananéia (Brasil)	11	-	2,6	0,02	-	0,08	393	Machado <i>et al.</i> (2002)
<i>Crassostrea iridescens</i>	El Salvador*	<0,24	3,16	124,4	-	2,12	<0,24	408	Michel y Zengel (1998)
<i>Crassostrea iridescens</i>	Mazatlan (México)*	3,6	-	20	-	1,7	-	402	Paez-Osuna y Marmolejo Rivas (1990)
<i>Crassostrea rhizophorea</i>	Estuario Río Cocó y Ceará (Brasil)*	1,07	0,35	3,7	-	-	-	236	Gonçalves <i>et al.</i> (2007)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Puerto Jackson (Australia)	-	-	149-175	0,0+0,03	-	0,9-1,1	861-1176	Scanes y Roach (1999)
<i>Saccostrea commercialis</i>	Estuario Pittwater (Australia)	-	-	308	-	-	-	469	Birch y Hogg (2011)
Ostras	Promedio Mundial*	0,54	0,198	12,4	0,078	0,186	0,206	82	Cantillo (1998) NOAA (1997)
Ostras	Umbral de contaminación*	0,74	0,50	60	0,046	0,68	0,64	800	Cantillo (1998) NOAA (1997)

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



Tabla 2: Presencia de Salmonella identificadas en ostras del estuario de Bahía Blanca. Las determinaciones de *Salmonella* spp. son en 25 grs de tejido de ostras.

Muestra	Estación	Lugar	<i>Salmonella</i> spp.
OSTRA	verano	Ing White	ausencia
		Cuaterros	ausencia
		Villa del Mar	ausencia
		Los Pocitos	ausencia
	invierno	Ing White	ausencia
		Cuaterros	ausencia
		Villa del Mar	ausencia
	primavera	Ing White	ausencia
		Cuaterros	ausencia
		Villa del Mar	ausencia



ANEXO II: MONITOREO DE ARROYOS

Tabla 3: Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del canal Maldonado, durante el 2019 y los niveles de referencia.

Arroyo Maldonado	2019						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQiRTs)
	19/02/2019		11/06/2019		24/09/2019			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	9,3	-	8,7	-	8,6	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	25,3	-	15,7	-	18,9	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,76	-	1,98	-	1,97	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	20	-	46,5	-	10,2	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< 0,1	-	<0,1	-	<0,1	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,1	-	0,1	-	<0,1	-	NE	NE
DQO (mg/l)	17	-	2	-	5	-	NE	NE
DBO (mg/l)	12	-	<5	-	<5	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	6,3	-	10,1	-	9,5	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	n/a	-	0,08	-	0,3	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	-	<0,1	-	n/a	-	NE	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	< LD	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	< 0,1	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Niquel (ppm)	< 0,002	2,3	< 0,002	2,5	<0,002	1,2	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	0,007	113	< 0,002	101	0,008	66,9	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	< 0,005	9,7	< 0,005	11,6	< 0,5	9	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	< 0,002	23,4	0,023	31,8	< 0,001	11,9	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,002	6,9	< 0,002	9,2	< 0,001	4,8	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< 0,0003	0,054	0,0006	n/a	< 0,0003	0,035	≤ 0,025	0,174
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	6000		1300		10000		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	22000		3000		19500		NE	
<i>Salmonella</i> spp (UFC/250ml)	ausencia		n/a		n/a		NE	
n/a: no analizado								
NE: no especificado								
LD: Límite de detección								

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*.

Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQiRTs) para la protección de la vida acuática.



Tabla 4: Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Napostá en su desembocadura, durante el 2019 y los niveles de referencia.

Arroyo Napostá	2019						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	19/02/2019		11/06/2019		24/09/2019			
fisicoquímico								
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,7	-	8,5	-	8,3	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	20,9	-	14,6	-	14,4	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,23	-	1,44	-	1,65	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	15	-	14,1	-	7,2	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	< 0,1	-	<0,1	-	<0,1	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	< 0,1	-	<0,1	-	<0,1	-	NE	NE
DQO (mg/l)	14	-	17	-	4	-	NE	NE
DBO (mg/l)	10,4	-	7	-	<5	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	4,2	-	2,8	-	1,9	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	n/a	-	0,17	-	0,18	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	-	n/a	-	n/a	-	NE	NE
BTEX	n/a	-	n/a	-	< LD	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,002	< 0,1	0,0010	<0,1	≤ 0,075	0,596
Niquel (ppm)	< 0,002	2,8	< 0,002	9,9	< 0,002	1,5	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	0,011	47	0,027	21,4	0,0160	60,9	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	< 0,005	4,4	< 0,002	2	< 0,005	3,5	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	< 0,002	10,3	< 0,005	26,6	0,0019	10,6	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,002	7,1	< 0,002	130	< 0,001	6,4	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< 0,0003	0,03	0,0014	n/a	< 0,0003	0,02	≤ 0,025	0,174
bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	4100		6000		5700		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	14400		16700		10500		NE	
<i>Salmonella</i> spp (UFC/250ml)	ausencia		n/a		n/a		NE	
n/a: no analizado								
NE: no especificado								
LD: Límite de detección								

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*.

Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.



Tabla 5: Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Sauce Chico en su desembocadura, durante el 2019 y los niveles de referencia.

Arroyo Sauce Chico	2019						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	09/04/2019		20/08/2019		11/12/2019			
	fisicoquímico							
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,9	-	8,8	-	9,1	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	20,4	-	9,1	-	22,1	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	1,07	-	1,3	-	1,94	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	22	-	28,9	-	91,7	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	0,1	-	<0,1	-	0,2	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	0,1	-	< 0,1	-	0,2	-	NE	NE
DQO (mg/l)	11	-	8	-	6	-	NE	NE
DBO (mg/l)	10	-	7,1	-	3,8	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	<LD	-	1,3	-	n/a	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,11	-	0,06	-	0,12	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	-	< 0,1	-	<0,1	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,001	<0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Niquel (ppm)	< 0,002	1,5	< 0,002	1,4	< 0,002	4,6	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	< 0,002	21,1	0,013	24,9	0,0030	19,6	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	< 0,005	3,2	< 0,005	<0,1	< 0,005	1,2	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	< 0,002	7,8	0,0013	5,4	0,0009	8,1	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,002	4,9	< 0,001	7,5	< 0,001	6,1	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< 0,0003	0,01	< 0,0003	0,013	0,0005	0,008	≤ 0,025	0,174
	bacteriológico							
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	200		300		1100		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	22600		17000		21000		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 6: Resultados fisicoquímicos, de metales pesados y bacteriológicos del arroyo Saladillo de García en cercanía a General Daniel Cerri, durante el 2019 y los niveles de referencia.

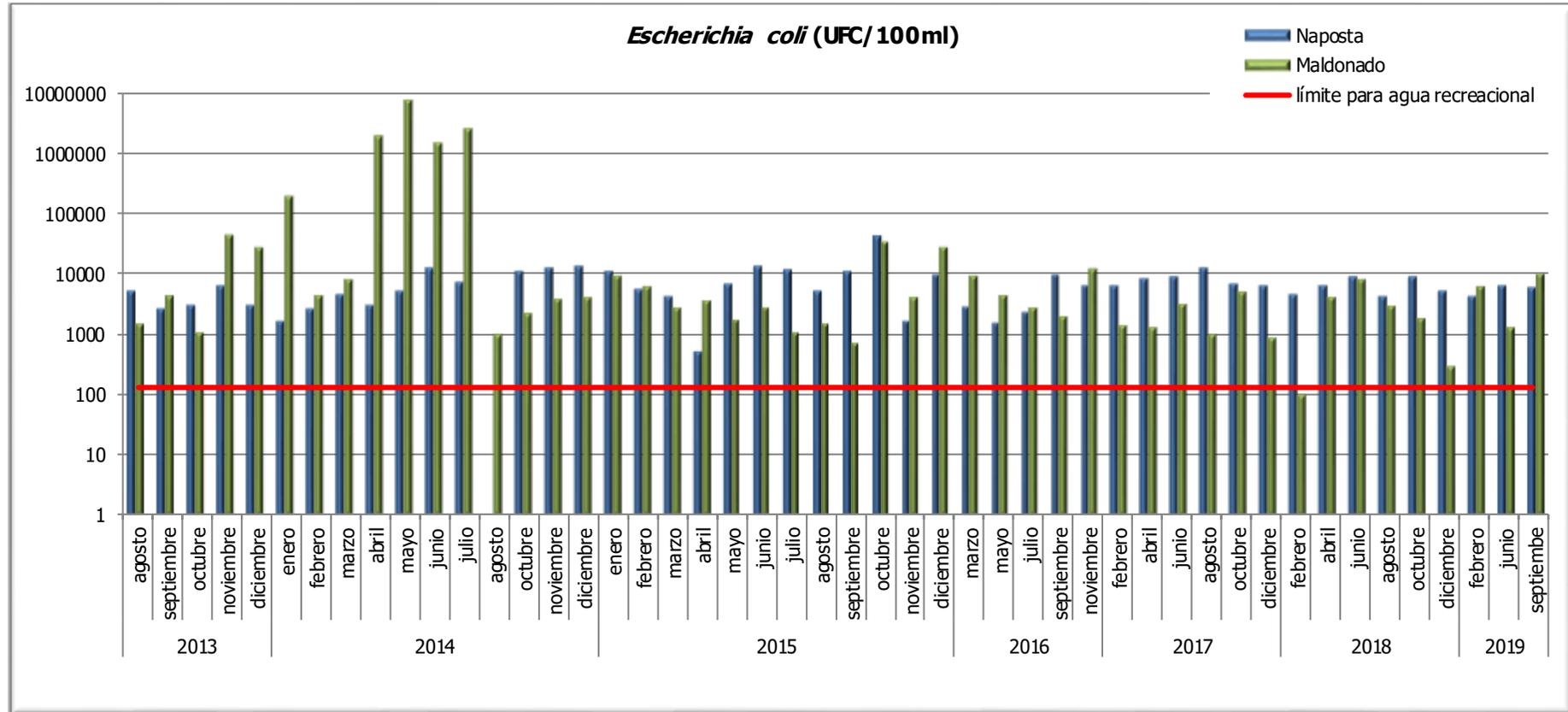
Arroyo Saladillo de García	2019						Res. 42/2006	"TEL" NOAA (SQuiRTs)
	09/04/2019		20/08/2019		11/12/2019			
fisicoquímico								
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	9,2	-	8,9	-	8,4	-	6,5 - 8,5	NE
Temperatura (°C)	21,8	-	8,6	-	20,3	-	NE	NE
Conductividad (mS/cm)	4,35	-	4,24	-	36,3	-	NE	NE
Turbidez (NTU)	162	-	70,1	-	234	-	≤ 100	NE
SS10' (ml/l)	<0,1	-	< 0,1	-	<0,1	-	NE	NE
SS120' (ml/l)	<0,1	-	< 0,1	-	<0,1	-	NE	NE
DQO (mg/l)	< LD	-	16	-	n/a	-	NE	NE
DBO (mg/l)	9	-	2,7	-	13	-	≤ 10	NE
N _{tot} (mg/l)	0,7	-	0,4	-	1	-	NE	NE
P _{tot} (mg/l)	0,45	-	0,22	-	0,76	-	≤ 0,025	NE
HTP	n/a	-	<0,1	-	<0,1	-	NE	NE
Cadmio (ppm)	< 0,002	< 0,1	< 0,001	< 0,1	< 0,001	< 0,1	≤ 0,075	0,596
Niquel (ppm)	< 0,002	3,4	< 0,002	2,6	0,0020	15,5	≤ 0,05	18
Zinc (ppm)	0,088	54,3	0,01	81,2	0,0050	50,7	≤ 7,5	123,1
Plomo (ppm)	0,005	8,4	< 0,005	3,6	< 0,005	1,7	≤ 0,025	35
Cobre (ppm)	0,028	21,4	0,0015	18,1	0,001	21,6	≤ 5	35,7
Cromo (ppm)	< 0,002	9,9	0,0019	8,5	< 0,001	11,1	≤ 0,125	37,3
Mercurio (ppm)	< 0,0003	0,025	< 0,0003	0,031	0,0008	0,03	≤ 0,025	0,174
bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	1200		500		13600		≤ 126 (*)	
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	76000		13700		17000		NE	
n/a: no analizado								
NE: no especificado								
LD: Límite de detección								

Los resultados en agua con **negrita** indican que sobrepasaron los valores límite para uso recreativo de la Resolución 42/2006, (*) Media geométrica de coliformes fecales expresada como límite para *E. coli*.

Los resultados en sedimento con **negrita** indican que sobrepasan el nivel guía "TEL" establecido por la NOAA (SQuiRTs) para la protección de la vida acuática.



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





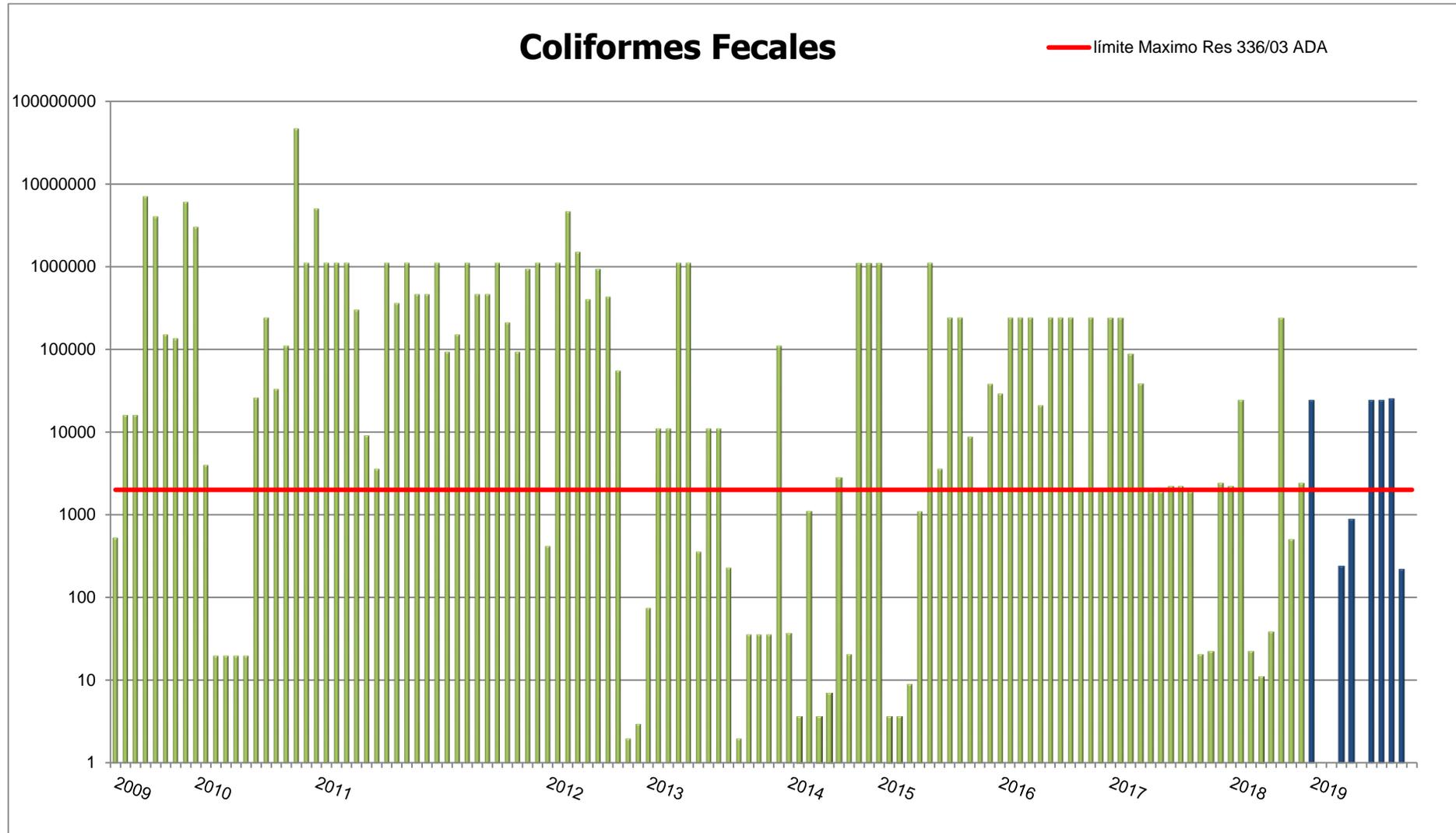
ANEXO III: MONITOREO DE LA DESCARGA CLOACAL 3^{RA} CUENCA

Tabla 7: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3^{ra} Cuenca, durante 2019.

3ra Cuenca	2019											Límite Res. 336/04
	14-ene	19-feb	20-mar	09-abr	14-may	29-jul	20-ago	10-sep	10-oct	20-nov	05-dic	
Fisicoquímico												
pH (upH)	7,3	7,9	7,8	7,7	7,60	7,7	7,8	7,3	7,3	7,6	7,5	6,5 - 10,0
Temperatura (°C)	24,4	24,5	22,3	23,6	20	15,8	16,7	18,2	19,1	21,2	22,9	≤ 45
Conductividad (mS/cm)	1,46	1,32	2,14	1,43	1,57	3	1,5	1,5	1,45	1,57	1,7	NE
Turbidez (NTU)	63,2	30	160	230	230	38	220	250	108	10,7	27,1	NE
SS10' (ml/l)	<0,1	<0,1	<0,1	3	5	0,1	2,5	1	13	< 0,1	<0,1	ausente
SS120' (ml/l)	1,8	0,1	0,3	12	5	0,1	8	6,5	12	0,1	0,3	≤ 0,1
Cloro residual (mg/l)	0,1	0,16	0,28	0,12	0,2	< LD	0,06	0,1	< LD	n/a	<0,05	≤ 0,5
DQO (mg/l)	79	56	38	172	178	52	128	54	54	54	38	≤ 250
DBO (mg/l)	46,5	25,7	8	65	47,1	11,5	49,8	38	35,6	16,4	13,9	≤ 50
N _{tot} (mg/l)	35,6	28,8	50,4	21,6	34,8	14,8	37,6	36	28,6	34,4	39,8	≤ 35
P _{tot} (mg/l)	n/a	n/a	n/a	5,0	4,9	3,8	3,5	3,7	4,5	31,5	4,5	≤ 1,0
HTP (mg/l)	n/a	< 0,1	< 0,1	n/a	n/a	n/a	< 0,1	n/a	n/a	n/a	n/a	≤ 30
Cadmio (mg/l)	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	< 0,001	n/a	< 0,02	< 0,002	< 0,002	≤ 0,1
Niquel (mg/l)	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	< 0,002	n/a	< 0,02	0,003	n/a	≤ 2,0
Zinc (mg/l)	n/a	0,007	n/a	0,056	n/a	0,043	0,101	n/a	0,08	0,078	n/a	≤ 2,0
Plomo (mg/l)	n/a	< 0,005	n/a	< 0,005	n/a	0,007	< 0,005	n/a	< 0,04	< 0,005	n/a	≤ 0,1
Cobre (mg/l)	n/a	< 0,002	n/a	0,158	n/a	0,016	0,012	n/a	< 0,02	0,002	0,004	≤ 1,0
Cromo (mg/l)	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	n/a	< 0,002	0,0011	n/a	< 0,02	< 0,002	< 0,002	≤ 2,0
Mercurio (mg/l)	< 0,0003	0,0027	< 0,0003	0,0003	0,0008	0,0003	< LD	< LD	< LD	< LD	<0,0003	≤ 0,005
Bacteriológico												
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml)	3700	3500	200	3000	1000	100	38000	40000	23000	n/a	1600	NE
Coliformes fecales (NMP/100ml)	24000	<2000	<20	240	880	<200	24000	24000	25000	220	< 200	≤ 2000
n/a: no analizado												
NE: no especificado												
LD: Límite de detección												



Gráfico 2: Histórico de Coliformes fecales de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la 3^{ra} Cuenca.





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

Tabla 8: Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la zona del ex club Almirante Brown

Alte Brown	2019							
	19-feb		28-may		20-ago		11-dic	
Fisicoquímico								
	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento	agua	sedimento
pH (upH)	8,6	-	8,3	-	8,2	-	8,1	-
Temperatura (°C)	24,3	-	14,7	-	8,6	-	21	-
Conductividad (mS/cm)	55,8	-	55	-	59,5	-	64	-
Turbidez (NTU)	saturado	-	240	-	6	-	saturado	-
N _{tot} (mg/l)	n/a	-	2,1	-	n/a	-	n/a	-
P _{tot} (mg/l)	n/a	-	0,54	-	n/a	-	n/a	-
Cadmio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,017	< 0,1	0,050	< 0,1	0,12	< 0,1	0,23	< 0,1
Niquel en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,037	4,4	0,17	2,3	1,3	2,4	0,29	10,7
Zinc en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,08	62	0,22	40,4	2,5	65,4	1,85	91,2
Plomo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,03	3,7	0,23	7,9	13,1	3,3	1,32	4,6
Cobre en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	2,40	13,5	1,19	11,4	6,1	13,9	5,2	19,1
Cromo en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,12	9,8	0,16	7,8	0,53	10,2	0,24	11,7
Mercurio en agua (ug/l), sedimento (mg/kg)	0,3	0,034	n/a	n/a	< LD	0,025	< LD	0,21
Bacteriológico								
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml o g peso seco)	600	169	1600	12	500	110	1000	9
<i>Enterococcus</i> spp. (UFC/100ml o g peso seco)	600	100	700	51	300	80	22000	19
Heterótrofas terrestres (UFC/ml)	1500	-	23000	-	25000	-	2200	-
Heterótrofas marinas (UFC/ml)	2500	-	45000	-	300000	-	54000	-
n/a: no analizado								
LD: Límite de detección								



Gráfico 2: Histórico de indicadores bacterianos en Almirante Brown.

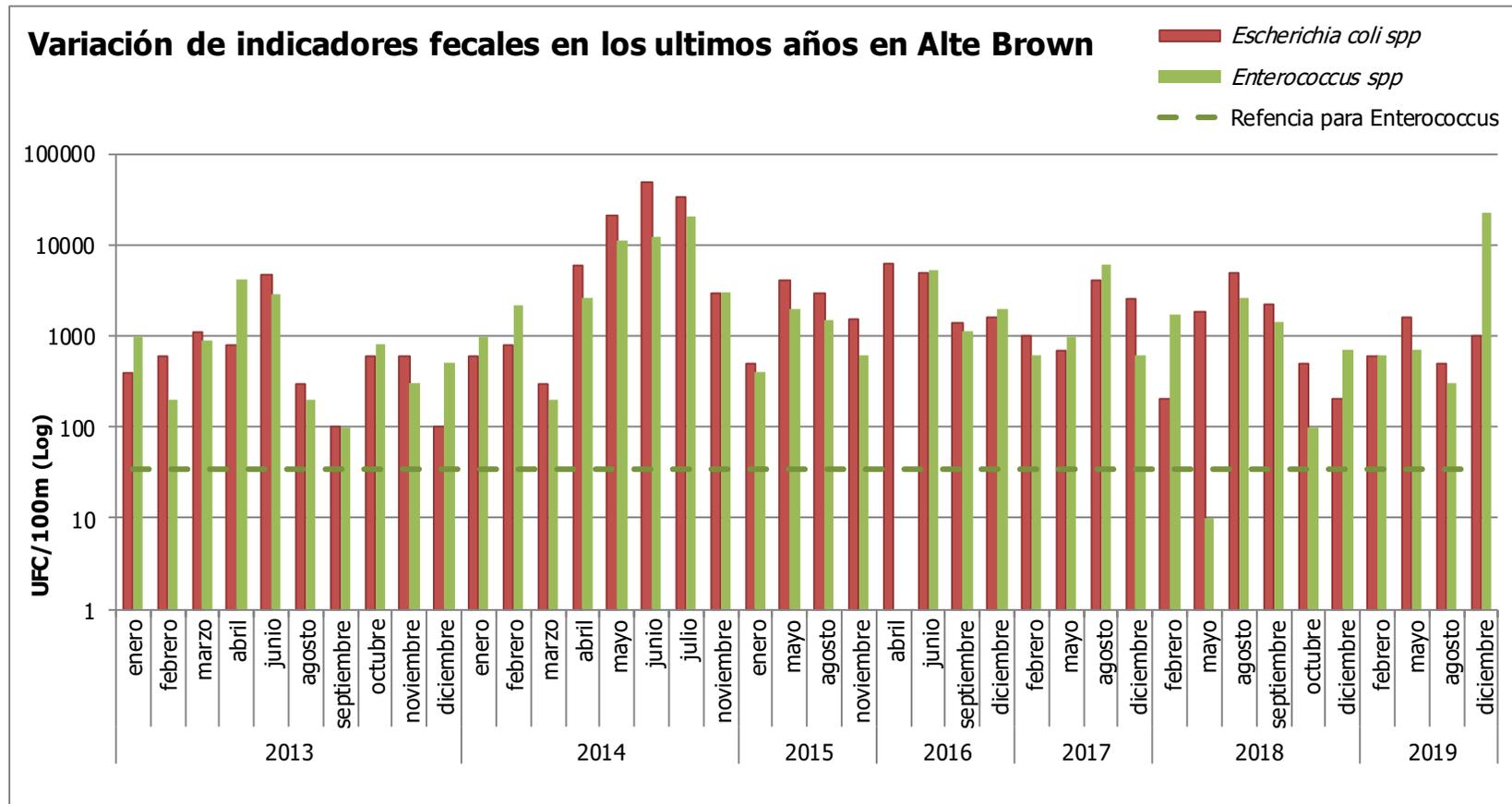




Gráfico 3: Histórico de indicadores bacterianos comparativo entre canal Maldonado, 3^{ra} Cuenca y Almirante Brown.

