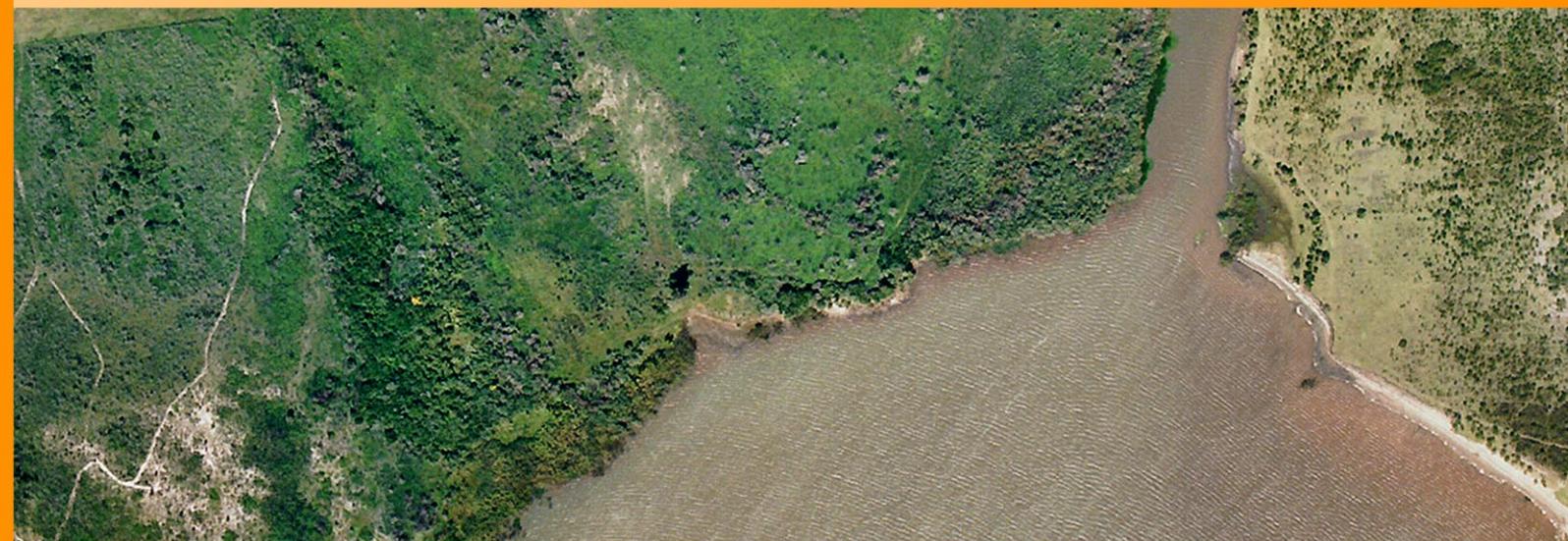


La calidad del agua del

Río Uruguay



Dirección Nacional de Medio Ambiente

Prólogo

En muy poco tiempo comenzará a funcionar la planta procesadora de celulosa de Botnia.

En muy poco tiempo nuestras certezas sobre la pertinencia de la habilitación ambiental de esta industria y confianza en el trabajo de nuestros técnicos se enfrentarán con una prueba inobjetable, la de la realidad.

Pero, si bien este será un punto de inflexión para el país -y no sólo en términos ambientales-, para nosotros será un instante más en un proceso extenso, intenso y, por cierto, continuo.

Nuestro trabajo comenzó hace mucho tiempo, estudiando, analizando, capacitándonos, definiendo los convenios y acuerdos que posibilitaran contar con un staff técnico a la altura de las circunstancias e ideando las estrategias de trabajo y los criterios que guiaran nuestro accionar.

Botnia ha sido la industria más estudiada en la historia de Uruguay y, con ella, el proceso de producción de pulpa de celulosa ha pasado a integrar el dominio público como ningún otro proceso industrial antes.

Junto al emprendimiento, el medio físico en el que se inserta cobró dimensiones. Y de él, especialmente el Río Uruguay.

Había una acumulación de información histórica, gracias al trabajo que la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) había realizado, y hubo un intento de focalizar la atención en el área de influencia de los proyectos (entonces eran dos) M'Botpicuá (ENCE) y Orión (Botnia), el PROCEL.

Desafortunadamente el PROCEL tuvo corta vida pero Uruguay continuó monitoreando el río, para tener con la mayor precisión posible el diagnóstico (la llamada Línea de Base) sobre la calidad ambiental del río.

Es esa la información que hoy presentamos a la población. Porque con ella compararemos, una vez que Botnia empiece a funcionar, las mediciones posteriores del río.

Este trabajo recoge los resultados de tres de las cuatro campañas de monitoreo que Uruguay ha realizado en solitario en el río, luego que Argentina desistiera de continuar en conjunto con estos trabajos a nivel de la CARU.

Por razones de tiempo de procesamiento de la información no se pudo incluir la cuarta campaña ni algunos parámetros que, si bien se están relevando, los resultados no están aún procesados.

Entendíamos, sin embargo, que era nuestra obligación poner esta información ordenada a disposición de la población antes de que Botnia prendiera sus máquinas. Para que todos puedan entender los datos que se empezarán a difundir en breve, cómo se está comportando la industria y cómo está actuando la Dirección Nacional de Medio Ambiente.

Sentimos que así estamos cumpliendo con nuestra obligación funcional pero, más importante aún, con nuestro compromiso ético y político de hacer pública toda la información disponible y, así, facilitar y fomentar el control y seguimiento de este emprendimiento en conjunto, el gobierno nacional y sociedad civil.



Ing. Arg. Alicia Torres
Directora Nacional de Medio Ambiente

Resultados de las tres primeras campañas

Línea de base se le llama a la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su operación.

Se trata de definir el estado de calidad del ambiente para tener el punto de referencia contra el que se van a comparar las mediciones que se realicen de ese mismo medio una vez que la nueva actividad haya comenzado.

En el caso que nos ocupa particularmente ahora, la línea de base que está siendo construida es para el agua superficial y los sedimentos del Río Uruguay.

En virtud del escaso tiempo transcurrido desde el inicio del Plan para la Definición de una Línea de Base en el área de jurisdicción nacional correspondiente al tramo del Río Uruguay entre los km. 80 y 115, debe señalarse que aún no se cuenta con toda la información analítica correspondiente a los muestreos realizados.

No obstante, se entiende necesario presentar públicamente los resultados obtenidos hasta la fecha, correspondientes a las tres primeras campañas de monitoreo (agosto, octubre y diciembre 2006).

Con el propósito de clasificar la calidad de las aguas del cuerpo principal del Río Uruguay se utilizan los estándares de calidad de la CARU.

Para aquellas variables que no son contempladas por el Digesto del Río Uruguay (Tema E3, Uso 4) pero que igual están siendo monitoreadas, se toman como estándares otras referencias: el Decreto 253/79 y modificaciones Clase 3 (legislación Nacional) o, en su defecto, los niveles guía para la protección de vida acuática del Canadian Council of Ministry of the Environment (CCME, 2006).

Con respecto a la calidad de los sedimentos, ni el Digesto sobre Usos del Río Uruguay ni la legislación nacional definen estándares de calidad, razón por lo cual se adoptan los valores establecidos por CCME (2002) para la protección de vida acuática (Nivel guía provisorio de calidad de sedimento y Concentración de Efecto Probable).

En la Tabla que sigue se listan los estándares de CARU para Uso 4, los establecidos en el Decreto 253/79 y los niveles guía de CCME en agua, para preservación de la biota acuática.

En la tabla posterior aparecen ordenados los niveles guía provisorios de calidad de sedimentos (ISQGs) y Concentración de Efecto Probable (PEL) de CCME para preservación de la biota acuática en sedimentos, para preservación de la biota acuática.

Estándares de calidad de aguas

	Variables	Unid.	Estándar USO4	Decreto 253/79	Nivel Guía CCME
Datos de campo	Temperatura	° C	Mantener condiciones naturales		--
	pH		6.5 a 9.0	6.5 a 8.5	6.5 a 9.0
	Oxígeno disuelto	mg/l	> 5	> 5	5.5 a 9.5
	Coliformes fecales	CF/100 ml	--	2000	--
	DBO 5	mg O2/l	< 10	< 10	--
Nutrientes	NH3	µg/l	25	20	19
	Fosforo total	mg/l	--	0.025	
	Aceites y grasas (MOEH)	mg/l	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	--
Fenoles	Fenoles	µg/l	1	200	4
Cianuro	Cianuro	µg/l	10	5	5
Metales	Arsénico	µg/l	50	5	5
	Cadmio	µg/l	1	1	0.017

	Variabes	Unid.	Estándar USO4	Decreto 253/79	Nivel Guía CCME
Metales	Cobre	µg/l	20	200	2 - 4 *
	Cromo	µg/l	50	50	9.9
	Hierro	mg/l	0.3	--	0.3
	Mercurio	µg/l	0.2	0.2	0.026
	Níquel	µg/l	25	20	25 - 150 *
	Plomo	µg/l	30	30	1 - 7 *
	Selenio	µg/l	10	--	
	Zinc	µg/l	180	30	30
Bifenilos Policlorados	PCB's	ng/l	1	40	--

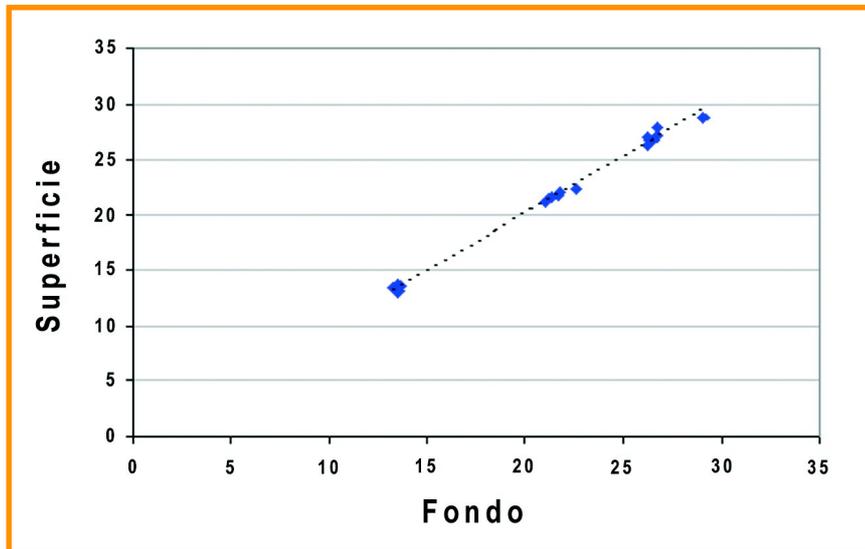
(*) Dependientes de la dureza

Niveles Guía y Concentraciones de Efecto Probable en sedimentos

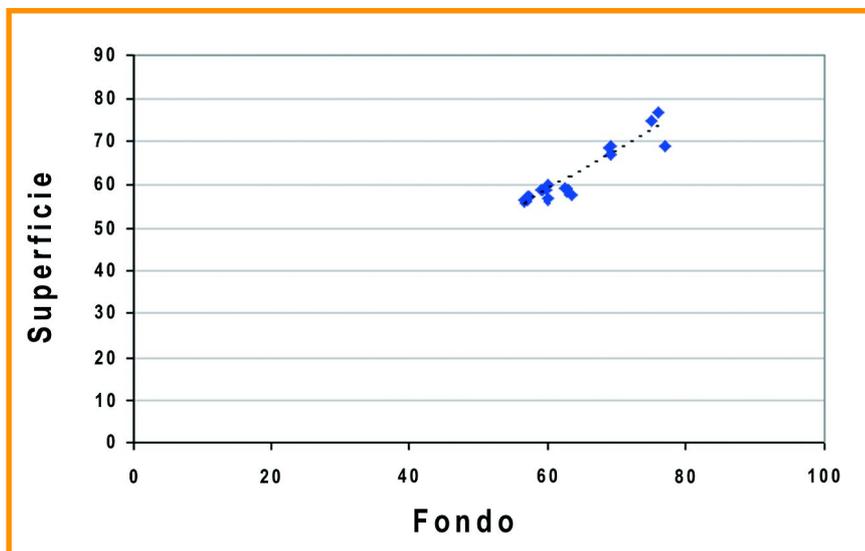
	Variabes	Unid.	ISQGs	PEL
Metales	Arsénico	µg/g	5.9	17.0
	Cadmio	µg/g	0.6	3.5
	Cobre	µg/g	35.7	197.0
	Cromo	µg/g	37.3	90.0
	Hierro	µg/g	--	--
	Mercurio	µg/g	0.17	0.486
	Níquel	µg/g		
	Plomo	µg/g	35.0	91.3
Zinc	µg/g	123.0	315.0	
Bifenilos Policlorados	PCB's	ng/g	34.1	277.0

AGUA

La comparación de resultados obtenidos hasta la fecha de las muestras de sub-superficie y fondo indican falta de estratificación térmica. Existe similitud entre los resultados obtenidos en las muestras de sub-superficie y fondo para la mayoría de las variables monitoreadas, y en todas las estaciones correspondientes al canal. Esto queda en evidencia al correlacionar los resultados obtenidos entre superficie y fondo.



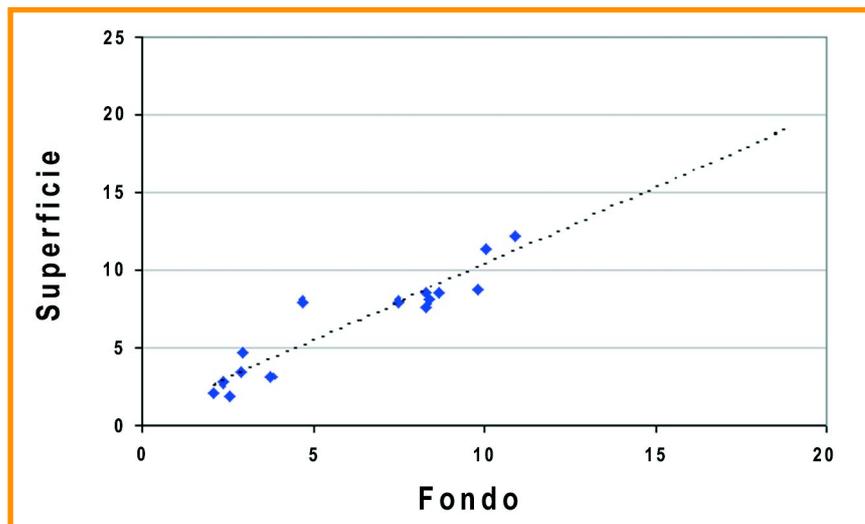
Correlación entre superficie y fondo de temperatura



Correlación entre superficie y fondo de conductividad

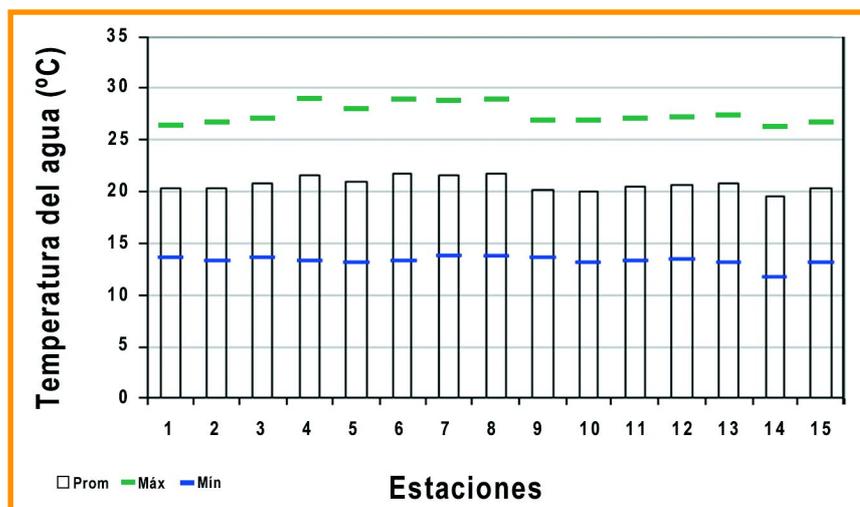
La conductividad es un parámetro conservativo, el cual permite discriminar entre diferentes cuerpos de agua. En el gráfico se aprecia que las características del agua de fondo son muy similares a las de superficie lo cual nos habilita a afirmar que **la columna de agua está totalmente mezclada**.

La distribución del material en suspensión es un claro ejemplo de la mezcla vertical, ya que éste se encuentra distribuido homogéneamente en toda la columna.



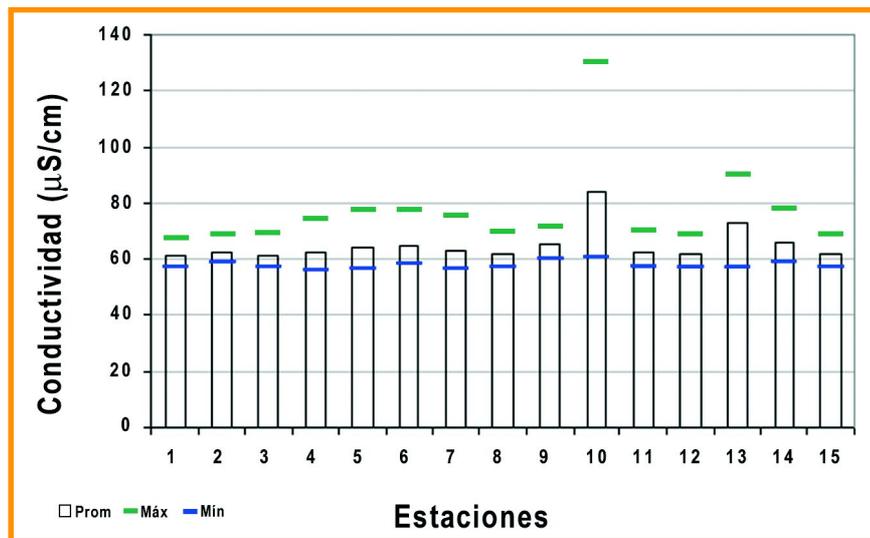
Correlación entre superficie y fondo de valores del material en suspensión

En relación a los parámetros de medición *in situ* en el agua de superficie, se observa homogeneidad en los mismos. En la figura siguiente se observa que en promedio la temperatura del agua prácticamente no sufre variación en su distribución.



Distribución horizontal de la temperatura del agua de superficie

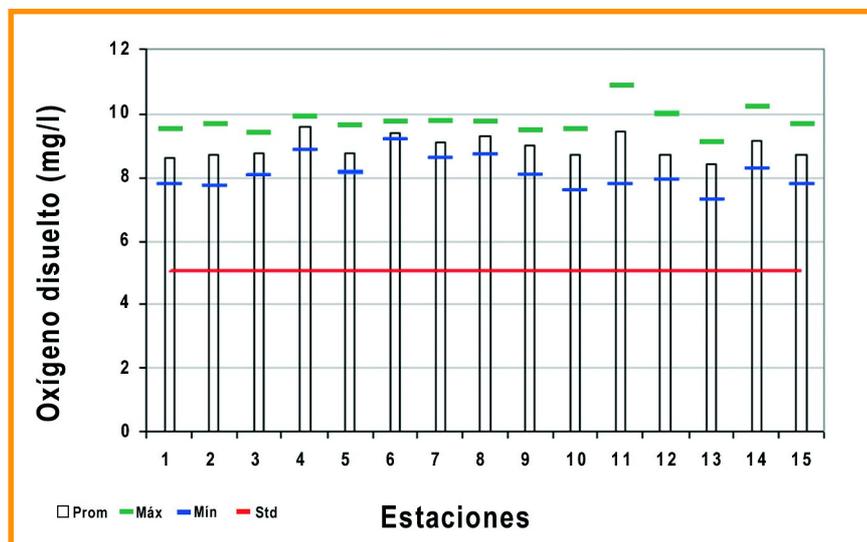
La **conductividad** se incrementa levemente en la estación 10, ubicada en la desembocadura del Arroyo Yaguaraté. El valor máximo ($130 \mu\text{S}$) se registró en la campaña realizada en el mes de agosto de 2006, momento que se correlaciona con el hecho de que el Río Uruguay presentaba bajo caudal, por lo cual era de esperar que el arroyo estuviera vertiendo (zona de mezcla).



Distribución horizontal de la conductividad en superficie

También se observa un leve incremento en la conductividad de la estación 13, que corresponde a la desembocadura del caño colector de cloacales y pluviales de Fray Bentos.

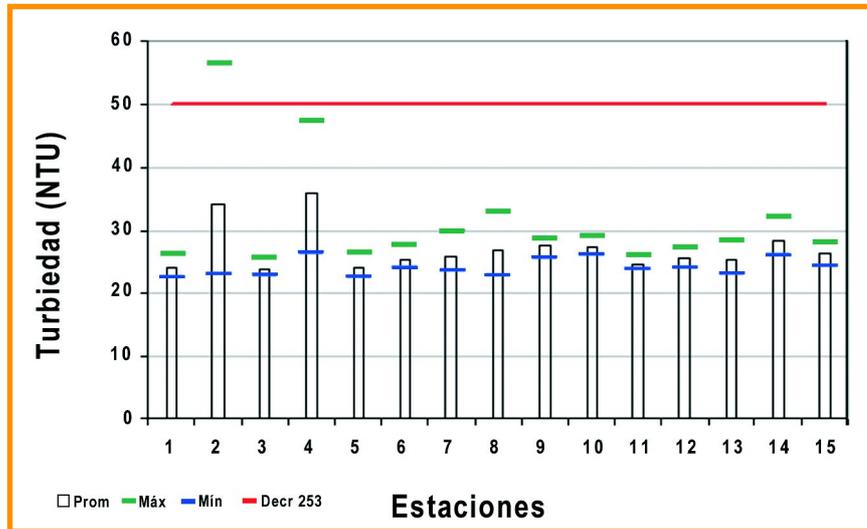
El **oxígeno disuelto** en las aguas superficiales (figura siguiente) proviene principalmente de la atmósfera y de la actividad fotosintética de las algas y otras plantas acuáticas. Su concentración varía diariamente y estacionalmente, dependiendo de muchos otros factores, como ser la fotosíntesis, la respiración, penetración de la luz, disponibilidad de nutrientes, entre otros. Su concentración es importante para **evaluar la calidad del agua superficial** y para controlar el proceso de tratamiento de residuos. Es un compuesto esencial para la respiración aeróbica y es un **indicador de la actividad biológica**.



Distribución horizontal de oxígeno disuelto en superficie

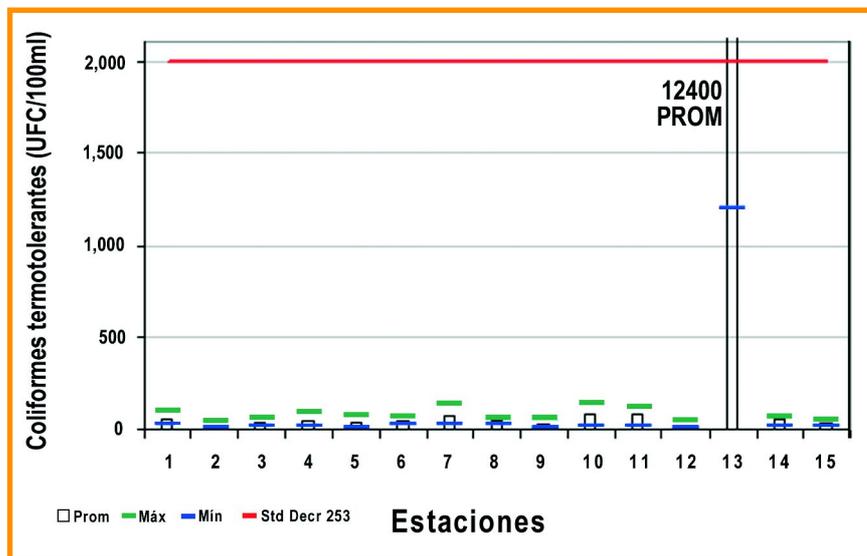
El **material en suspensión** representa la fracción arrastrada pasivamente por los movimientos del agua. La distinción entre material suspendido y material disuelto es arbitraria: ella se realiza en base a un ensayo de filtración. Está compuesto por arcilla, limo, arena y materia orgánica e inorgánica, plancton y otros microorganismos acuáticos. Su concentración se relaciona con factores estacionales y regímenes hídricos. Las partículas en suspensión afectan la claridad del agua y la penetración de la luz, la temperatura, los componentes disueltos, la adsorción de sustancias tóxicas y la composición, distribución y velocidad de sedimentación de la materia. El material en suspensión es el responsable de la turbiedad del agua, ya que es una medida de la cantidad de sustancias disueltas o en estado coloidal. En aguas de consumo o industriales la turbiedad es un parámetro de control de la calidad final con tratamiento convencional. El Digesto de CARU no regula dicha variable, por lo que

se utilizó la norma de calidad establecida en el Decreto 253/79, que **establece un máximo de 50 NTU**. Los **valores promedios registrados promedian las 30 NTU**, habiéndose superado la norma en una sola oportunidad.



Distribución horizontal de turbiedad

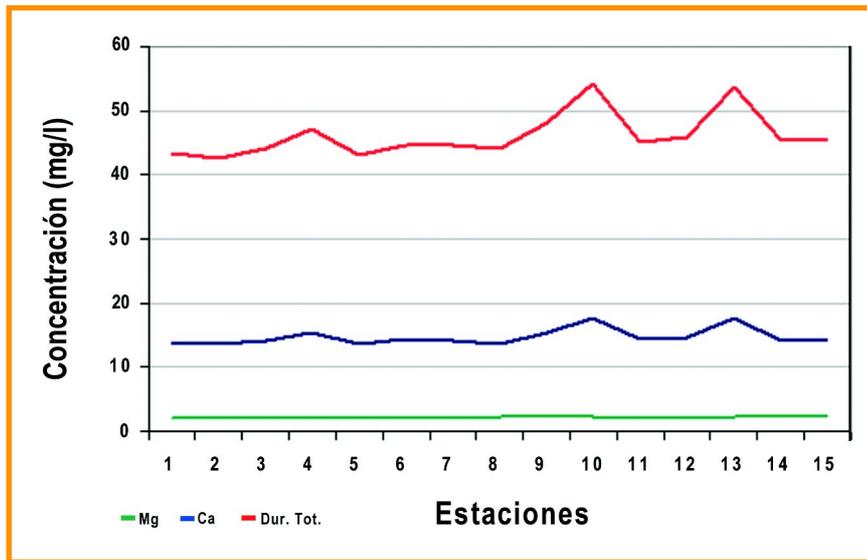
En la estación correspondiente a la descarga del colector de cloacales de la ciudad de Fray Bentos se observa un incremento en el número de **coliformes termotolerantes y totales**, pudiéndose apreciar (figura siguiente) que en este único caso el promedio de coliformes termotolerantes supera el estándar del decreto 253/79 y modif. Clase 3, ya que no se encuentra regulado en el Digesto de CARU para Uso 4.



Distribución horizontal de coliformes termotolerantes

La **DBO₅** es un estimativo de los requerimientos de oxígeno por parte de los microorganismos para la degradación de la materia orgánica: aumenta cuanto mayor es la carga orgánica. El digesto de CARU establece un **máximo de 10 mg/l**, ubicándose los **valores registrados por debajo de dicho límite en todos los casos**.

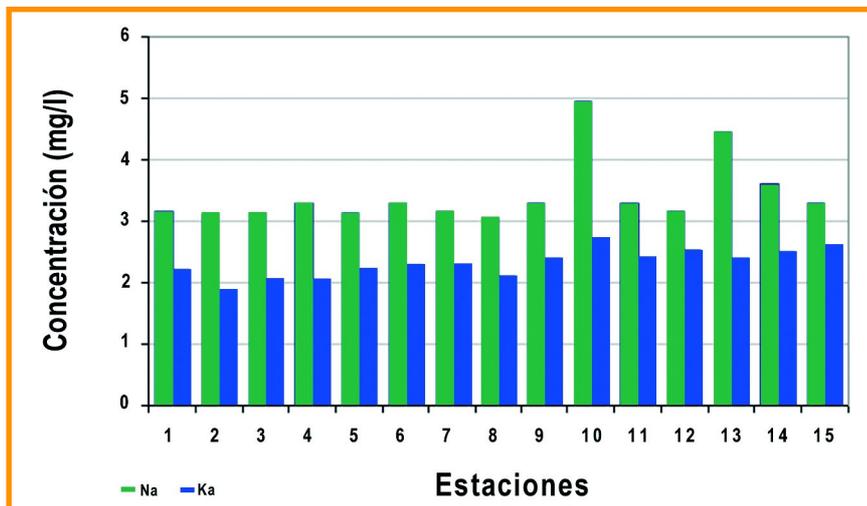
Los **iones** mayoritarios son caracterizadores de los cuerpos de agua, que permiten medir el grado de mezcla. La alcalinidad de las aguas naturales es la capacidad de algunos de sus componentes para aceptar protones. Se debe principalmente a bicarbonatos de calcio y magnesio, siendo prácticamente igual a la dureza. Las **concentraciones observadas promedian los 25 a 30 mg/l**. La dureza del agua es producto de las concentraciones de los metales alcalinotérreos (Ca, Mg), siendo importante en lo referente al tratamiento de aguas. Como puede observarse en la figura, la dureza del Río Uruguay está dada en gran medida por el calcio.



Distribución horizontal de calcio, magnesio y dureza total

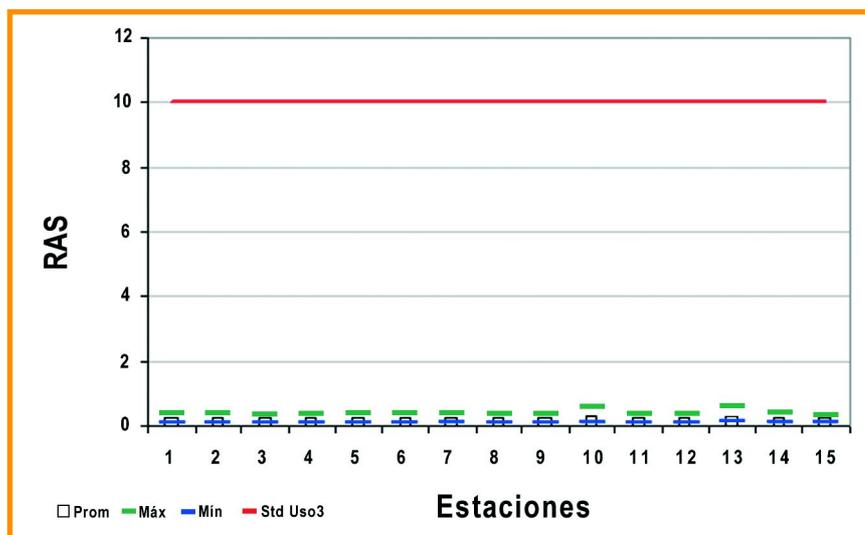
El **calcio** se disuelve de todas las rocas y por lo tanto se lo detecta en todas las aguas, siendo uno de los cationes más abundantes en aguas superficiales. El magnesio es un elemento relativamente abundante en la corteza terrestre, y por tanto un componente común de las aguas naturales, presentando mayor solubilidad que el calcio.

El **sodio** es de los elementos que más abunda en las aguas naturales. Es importante conocer su concentración al momento de determinar si el agua es adecuada para riego o para la alimentación de calderas. El potasio posee relativamente baja concentración en las aguas naturales. Como puede apreciarse, las concentraciones de ambos compuestos no superan los 5 mg/l, registrándose valores de sodio superiores en las estaciones 10 y 13, concordante con un aumento en la conductividad.



Distribución horizontal de sodio y potasio

El exceso de sodio en el agua de riego con respecto al calcio y al magnesio o al contenido total de sales puede alterar la estructura y la permeabilidad del suelo. La magnitud del efecto del exceso de sodio se puede relacionar con la proporción relativa de los iones sodio, calcio y magnesio (RAS) en el agua de riego. El Digesto establece como estándar para Uso 3 (aguas destinadas a actividades agropecuarias) para el **coeficiente de adsorción de sodio (RAS)** un **máximo de 10**. En el área de muestreo los valores obtenidos no alcanzaron a 1.



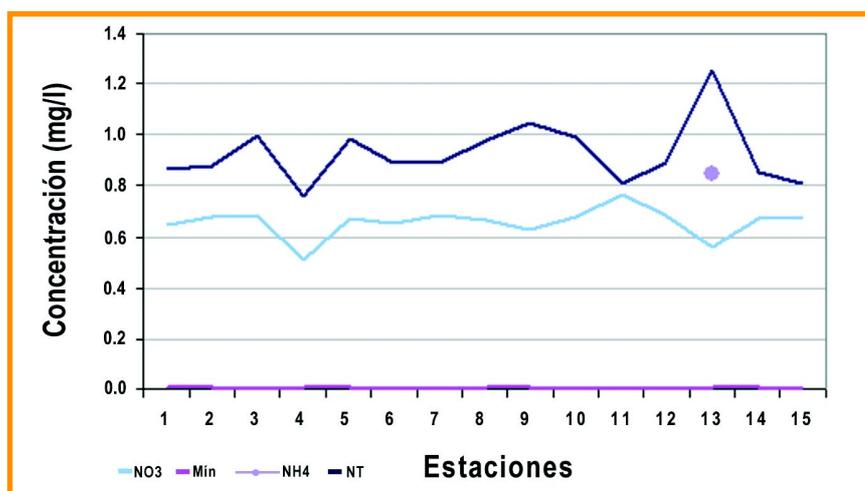
Distribución horizontal de RAS

El **sulfato** es un ión que abunda en la corteza terrestre. Proviene de compuestos orgánicos que contienen azufre y está presente en aguas de descargas de residuos industriales. El anión **cloruro** generalmente está presente en las aguas naturales, pero una alta concentración del mismo puede indicar contaminación por desagües cloacales o industriales. **Ambos compuestos se encuentran en concentraciones muy bajas**, siendo los máximos registrados de 18.8 mg/l en el caso del sulfato y de 2.4 mg/l en el caso del cloruro.

En relación a los **detergentes**, debe señalarse que hasta la fecha **no se ha detectado** la presencia de los mismos en la zona.

La importancia en el estudio de los nutrientes radica en que son esenciales para el mantenimiento de la vida acuática. Proviene de diversos orígenes, como por ejemplo el lavado de tierras, la degradación de la materia orgánica o aportes antropogénicos a través de descargas domésticas.

El **nitrógeno** total (NT) incluye las formas inorgánicas y orgánicas. En la figura que sigue observamos el comportamiento del nitrógeno total y de las sales nitrogenadas inorgánicas disueltas (nitrato, nitrito, amonio y amoníaco).



Distribución de nutrientes nitrogenados

De la misma surge que del **total de nitrógeno**, la forma predominante es la más oxidada (**nitrato**) en la mayoría de los sitios de monitoreo, excepto en el correspondiente al colector municipal, donde el nivel de amonio (NH_4) es la especie predominante.



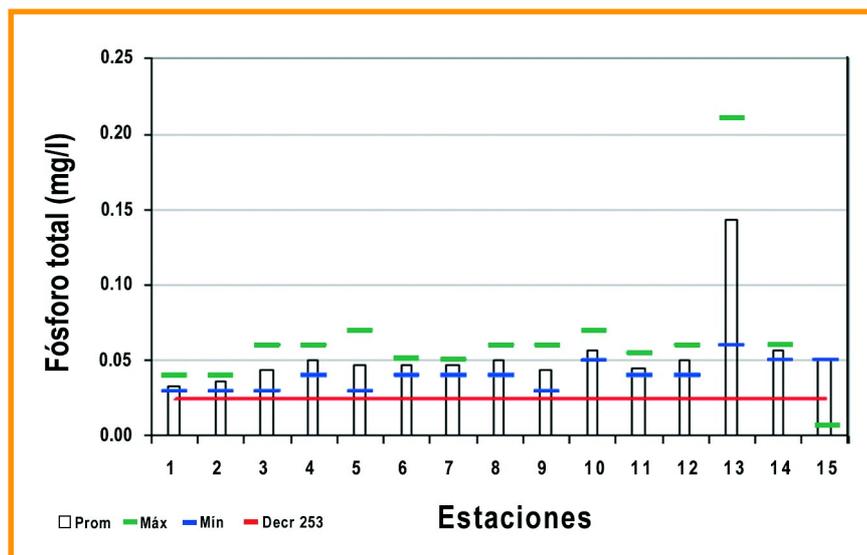
Esto se debe a que el amonio se forma por desaminación de los compuestos orgánicos nitrogenados y por hidrólisis de la urea. El amonio resultó por debajo del límite de detección establecido en todas las estaciones monitoreadas, excepto en la correspondiente al colector. El amoníaco (NH_3) es un compuesto inestable a las condiciones de pH registradas, estando en equilibrio con el amonio, y los valores registrados no superan los estándares establecido para dicho compuesto. Los niveles observados de nitritos (NO_2) son muy bajos, debido a que es un nutriente inestable.

Los **fosfatos** disueltos en las aguas naturales provienen de la degradación de la materia orgánica, aportes de aguas domésticas y el lavado de suelos. Los ortofosfatos son la especie disponible biológicamente.

La disponibilidad de fósforo para la biota depende de los niveles de captación y liberación por la biota, de la evolución química y de la abundancia relativa y tiempo de residencia de la fracción de fósforo disuelto. El fósforo es el nutriente limitante, el que restringe o estimula el crecimiento de los organismos.

Debido a que no está regulado en el Digesto de la CARU, la comparación de los valores medios observados **se compara con el estándar establecido en el Decreto 253/79** y modificaciones.

Como es posible apreciar, **dicha norma no se cumple en ninguna de las estaciones monitoreadas, no detectándose problemas de calidad asociadas a dicho compuesto**. Los registros históricos de estudios realizados por la CARU también se ubican por encima de la norma establecida (Informe de avance. PROCON – Etapa I, 1987-1990).



Distribución de fósforo total

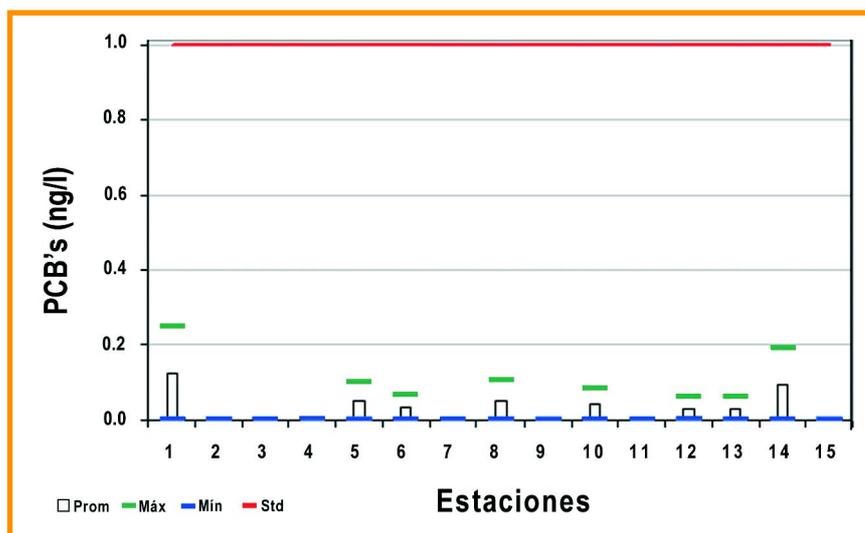
Los **silicatos** son nutrientes básicos para el fitoplancton, especialmente diatomeas, ya que lo utilizan para la formación de sus exoesqueletos. Se trata de un parámetro conservativo, que ayuda a caracterizar cuerpos de agua. **Los valores registrados promedian los 6 mg/l de silicio.**

Los **compuestos fenólicos** pueden hallarse tanto en aguas naturales, como en aguas residuales domésticas e industriales. Ocurren naturalmente en bajas concentraciones en el ambiente acuático, liberados por plantas acuáticas o vegetación en degradación, sin embargo las principales fuentes de fenoles al ambiente son habitualmente antropogénicas. En el área donde se realiza el monitoreo, **los valores más altos registrados corresponden a la zona de descarga del colector municipal de la ciudad**, alcanzando valores de $5 \mu\text{g/l}$, lo cual concuerda con lo informado por CARU en anteriores oportunidades (Informe técnico CARU, Módulo Fray Bentos - Gualaguaychú, 1999). **No obstante, se conoce el hecho de que los compuestos fenólicos han superado el estándar establecido en el Digesto de CARU en muchas de las mediciones efectuadas hasta la fecha en el marco del proyecto PROCON (Informe técnico CARU, 2003).**

Las **grasas y aceites** son un grupo de compuestos con características físicas similares, que se evalúan sobre la base de su solubilidad común en un solvente orgánico, por lo que se cuantifican tanto lípidos orgánicos como hidrocarburos minerales. **Los valores medios son bajos, ubicándose por debajo del límite de detección establecido.**

Los **hidrocarburos totales** pueden determinarse como una segunda etapa en el análisis de aceites y grasas. En ellos se incluyen los hidrocarburos alifáticos y los hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP's). Los hidrocarburos alifáticos son hidrocarburos lineales que pueden ser de origen biogénico o petrogénico. Son compuestos frecuentemente utilizados en las industrias de obtención y recuperación de aceites, fabricación de pinturas, tintas, colas, adhesivos, así como materia prima de síntesis orgánica. Los hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP's) incluye un grupo de más de 100 compuestos químicos generados antropogénicamente, por combustión incompleta de los combustibles fósiles. En los sistemas acuáticos las concentraciones de hidrocarburos suelen ser mayores en los sedimentos que en la columna de agua. Sus niveles reflejan, en parte, el grado de desarrollo urbano e industrial de una cuenca hídrica (GEMS/Agua, 1994). Hasta la fecha **no se han registrado valores detectables de estos compuestos** en las estaciones monitoreadas.

Los **bifenilos policlorados (PCB's)** han sido muy usados en la industria porque no son inflamables y por su excelente estabilidad térmica, gran resistencia a la hidrólisis ácida y básica, solubilidad en solventes orgánicos, etc. Son buenos lubricantes y poseen una película de alta resistencia. Algunos productos de uso común que contienen PCB's son los plásticos, papel de envoltorio, papel carbónico, tintas de impresión, pinturas, fluidos refrigerantes o de aislamiento en transformadores. Existen 209 congéneres posibles de PCB's, los cuales poseen baja solubilidad en agua, potencial de bioacumulación y son resistentes a la degradación. Su eliminación de la columna de agua se logra mediante la absorción en el material en suspensión.

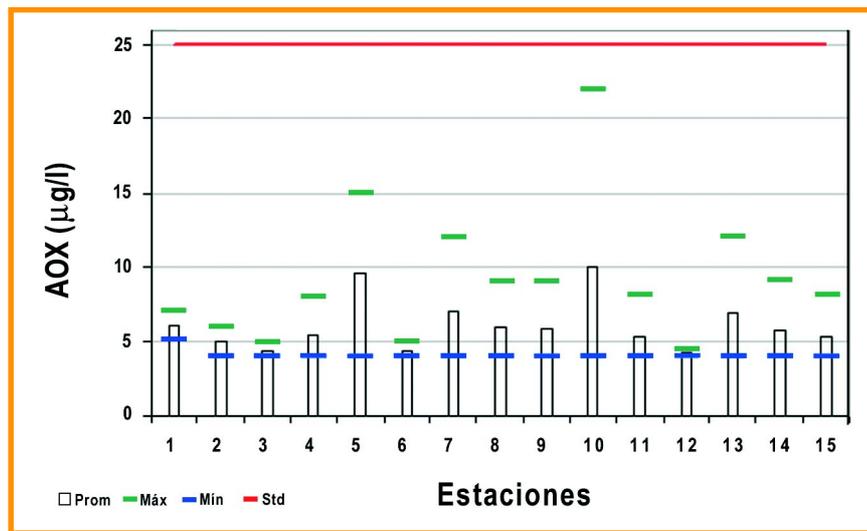


Distribución horizontal de PCB's

En la figura anterior se observa la distribución superficial de PCB's en el agua. Puede apreciarse que **no se supera el estándar establecido en el Digesto** de la CARU.

Cabe señalarse que además de monitorearse el total de PCB's en este Plan, también se determinan las concentraciones de aquellos congéneres individuales que por su capacidad de bioacumulación y su biomagnificación se consideran los más tóxicos, como ser los tipo **dioxinas**. También se determinan los PCB's denominados marcadores, que se utilizan normalmente como indicadores del total de PCB's. En ambos **grupos no se han detectado valores mayores a los límites establecidos**.

Los **haluros orgánicos adsorbibles (AOX)** se consideran una medida de la materia orgánica halogenada en una muestra de agua. **Son indicadores de contaminación química sintética**, e incluyen compuestos tales como los PCB's, pesticidas y herbicidas clorados y bromados, compuestos aromáticos clorados y sustancias húmicas acuáticas parcialmente cloradas, entre otros. Debido a que los AOX no están regulados en ninguna de las tres normas de calidad consideradas en este informe, se recurre en este caso al estándar clase II establecido por la República Federal de Alemania, el cual **no se ve superado** en ninguna de las estaciones monitoreadas.



Distribución horizontal de AOX

Los **metales traza** son compuestos cuyo interés radica en su toxicidad, biodisponibilidad y potencial bioconcentración, lo cual los convierte en peligrosos para los organismos vivos. Los problemas de contaminación de las aguas por metales se observan principalmente en las aguas costeras, como consecuencia de las descargas industriales, cloacales y pluviales. Pueden encontrarse en el agua en solución y en forma particulada. Algunos microorganismos son capaces de convertir las formas inocuas en formas tóxicas. Muchos metales pesados reactivos son rápidamente eliminados de la columna de agua hacia los sedimentos de fondo.

En este estudio se han monitoreado los niveles de arsénico, cadmio, cobre, cromo total, hierro, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc. **Ninguna de estas especies supera el estándar establecido** para Uso 4, **excepto el hierro** que lo supera en todas las mediciones realizadas hasta la fecha, en todas las estaciones monitoreadas. Cabe señalar que el estándar establecido en el Digesto para Uso 4 es muy estricto, ya que es el mismo establecido por la OMS para agua potable.

Los **cianuros** están presentes en las aguas naturales en bajas concentraciones. Pueden provenir de aportes naturales (descomposición de plantas y actividad metabólica de ciertas bacterias, hongos y algas) o antropogénicos (galvanoplastia, producción de acero y metales). Pueden presentarse en diversas formas, y el término cianuro total se refiere a la suma de todas las formas cianuradas presentes. La persistencia de estos compuestos en las aguas naturales está condicionada por los diversos mecanismos de remoción de los mismos, entre los que se encuentran la volatilización, la oxidación química, la biodegradación, disociación y precipitación. En cuanto a los valores de concentraciones obtenidas hasta ahora, las mismas se encuentran por **debajo del estándar** que establece la CARU ya que no existen aportes antropogénicos directos y la permanencia de este compuesto en agua es muy reducida.

SEDIMENTOS

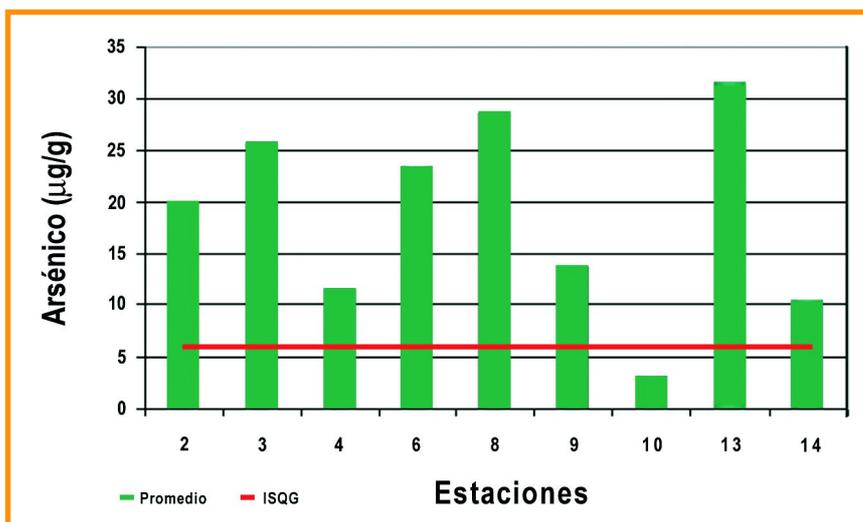
Se realizaron análisis grano métricos a las muestras de sedimentos, con la finalidad de caracterizar los sedimentos de la zona. Los resultados muestran que los sedimentos superficiales de fondo del área de estudio corresponden, mayoritariamente, a Arenas Limosas (estaciones 2, 3, 4, 9, 13 y 14) con presencia de Arenas (estaciones 6 y 10) y Limos Arenosos (estación 8).

Como ya se señalara, para el estudio de los sedimentos -ante la ausencia de legislación nacional-, se recurre a los valores guía de Canadá (CCME, 2002). Las pautas de calidad para la protección de biota sugeridas para sedimentos de agua dulce por Environment Canadá consideran:

- Valores menores al Nivel Guía Provisorio de Calidad de Sedimentos (ISQGs): concentraciones raramente asociadas con efectos biológicos adversos;
- Valores mayores al ISQGs y menores a Concentraciones de Efecto Probable (PEL): concentraciones ocasionalmente asociadas a efectos biológicamente adversos;

c) Valores mayores al PEL: concentraciones frecuentemente asociadas a efectos biológicamente adversos.

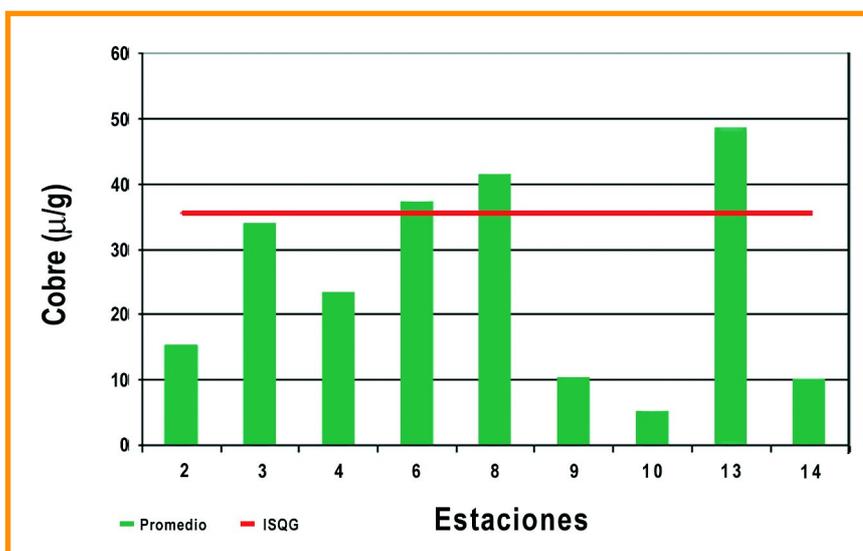
El **arsénico** es un compuesto venenoso, pudiendo provocar toxicidad aguda o crónica. No es un compuesto geológicamente raro, pero puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas. En la próxima figura es posible observar que los valores registrados en los sedimentos de la mayoría de las estaciones **supera** el valor establecido en el ISQG, registrándose el valor máximo en la zona de descarga del colector urbano, **pero se sitúan por debajo de las concentraciones de efecto probable**.



Distribución de arsénico en sedimentos

Las sales de **cadmio** se encuentran naturalmente adsorbidas en el material en suspensión y/o sedimentos. Es un elemento tóxico para el hombre, y puede ser cancerígeno. Hasta la **fecha no se han registrado valores de este elemento por encima de su límite de detección**.

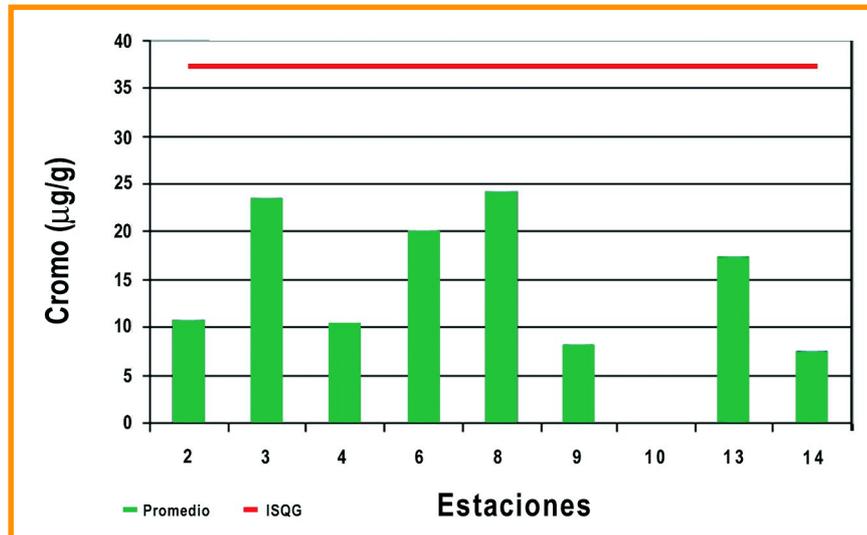
El **cobre** es un elemento ampliamente distribuido, pero que tiende a adsorberse en las fases sólidas. Es un elemento esencial para la nutrición de plantas, animales e incluso del hombre. Puede provenir de la corrosión de cañerías de cobre, a desechos industriales, al uso de sulfato de cobre como alguicida o pinturas *antifouling*. En los sedimentos de la zona, se superan los valores de ISQG establecidos por CCME en algunas de las estaciones monitoreadas, pero estos valores están **muy por debajo de las concentraciones de efecto probable**.



Distribución de cobre en sedimentos

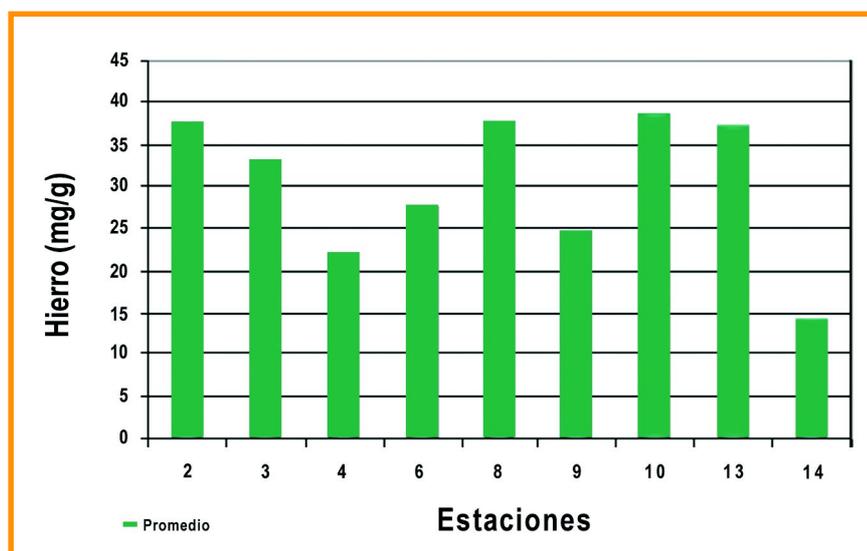
El **chromo** se encuentra en las aguas naturales como cromo trivalente o cromo hexavalente. El cromo trivalente tiende a adsorberse en el material en suspensión, mientras que la forma hexavalente permanece en solución.

acuosa. La toxicidad del cromo para la vida acuática varía entre las diferentes especies y depende de los estados de oxidación, temperatura y pH. Las posibles fuentes de cromo al ambiente son la industria metalúrgica, la química y la electroquímica, las pinturas o tinturas. De las mediciones realizadas se desprende que **dichas concentraciones no superan el ISQG establecido.**



Distribución de cromo en sedimentos

El **hierro** abunda en la corteza terrestre, pero su forma y solubilidad en agua dependen del pH y del potencial redox del agua. Se presenta en los estados de oxidación +2 y +3. Ambientes con potenciales de oxidación-reducción elevados facilitan la transformación de iones ferrosos (+2) a férricos (+3) y permite que el hierro ferroso se hidrolice y precipite como óxido férrico hidratado. Este precipitado férrico le aporta un color amarillo-naranja oscuro a la superficie donde se deposita. Los valores registrados en la zona monitoreada varían entre 15 a 40 mg/g de peso seco.



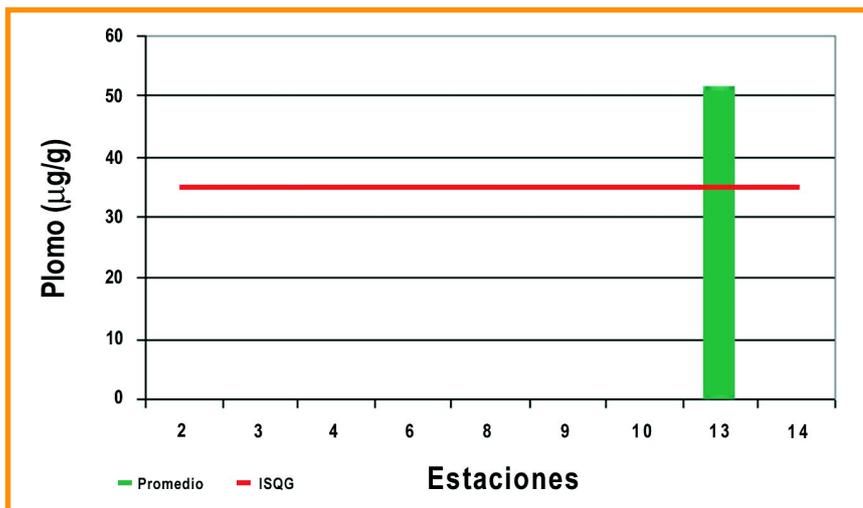
Distribución promedio de hierro en sedimentos

El **mercurio** es de los metales traza con mayor toxicidad para los organismos vivos, y generalmente está adsorbido al material en suspensión, que luego sedimenta. Se utiliza en los fungicidas para uso agrícola. **No se han registrado valores por encima del límite de detección (L.D.=0,2 µg/g)** en el área estudiada.

El **níquel** generalmente se encuentra en combinación con el azufre, arsénico y antimonio. Ingresa al ambiente como resultado del desgaste de rocas y minerales o por actividades antropogénicas, como la quema de combustibles fósiles y la minería. Tiende a asociarse al material en suspensión o a la materia orgánica. En

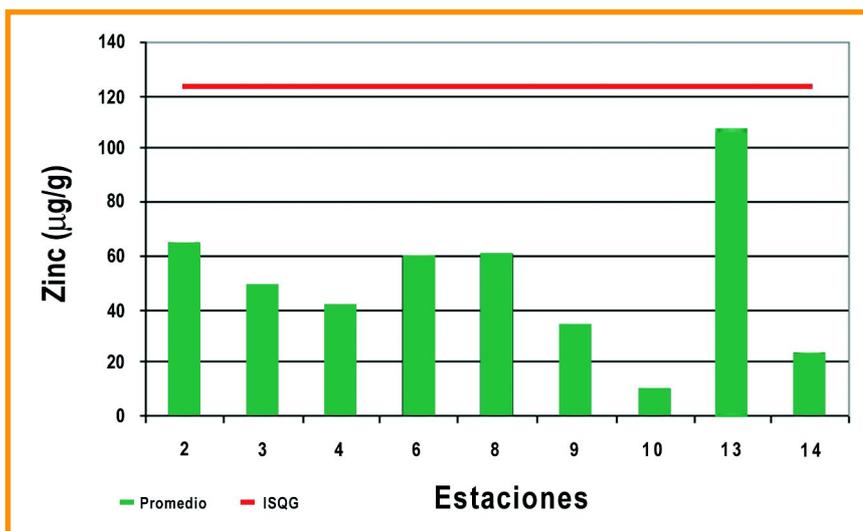
promedio en los sedimentos de la zona se registran **valores por debajo del ISQG**.

El **plomo** es un elemento ampliamente distribuido en el ambiente. Las concentraciones elevadas se producen por el aporte de plomo a la atmósfera, que tienen su origen en el uso de gasolina con plomo o en las actividades de fundición. Las operaciones industriales, mineras o de fundición pueden contener cantidades relativamente altas de plomo. Posee baja solubilidad y tiende a absorberse en el material en suspensión. Al igual que el mercurio, tiene la capacidad de mutilarse en los sedimentos. Como se observa en la figura siguiente, en la única estación en que se obtienen valores de plomo mayores al límite de detección es en la **zona de descarga del colector de aguas residuales**, lo cual puede deberse a la existencia de **cañerías de plomo** o de cañerías de plástico estabilizadas con compuestos de plomo. Pero aún en este caso, se mantiene por debajo de la concentración de efecto probable.



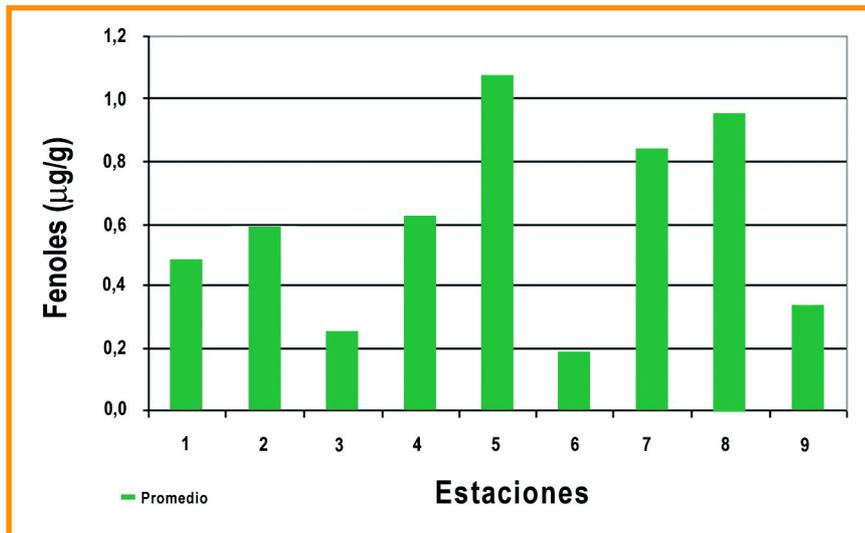
Distribución de plomo en sedimentos

El **zinc** es un elemento que abunda en rocas y minerales pero es poco soluble en agua, siendo adsorbido por el sedimento. Es un elemento esencial en la dieta humana. Los aportes antropogénicos provienen de la galvanoplastia, aleaciones, tinturas, pigmentos, insecticidas, entre otras.



Distribución de zinc en sedimentos

Los compuestos fenólicos pueden hallarse en todas las estaciones monitoreadas, en bajas concentraciones, siendo el máximo registrado de 1.6 µg/g. No existen ISQGs para este compuesto.



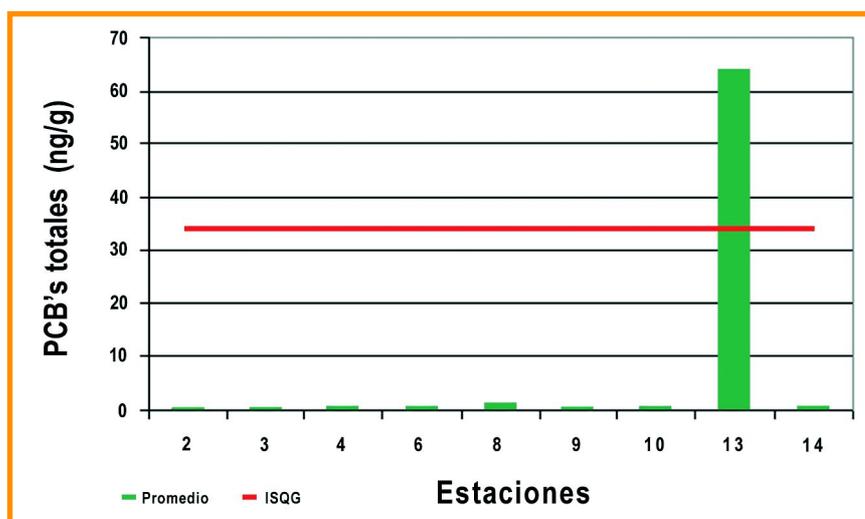
Distribución de fenoles totales en sedimentos

No se han registrado valores detectables de grasas y aceites ($LD = 1 \text{ mg/g}$), ni de hidrocarburos alifáticos (0.28 µg/g). Sin embargo, se han detectado pequeñas concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares en los sedimentos. Esto puede explicarse por el hecho de que el límite de detección en este caso es inferior a los anteriores, ya que requiere de equipos de mayor resolución para su análisis. En este caso no es un valor de HAP's totales, sino la sumatoria de la lista de aquellos que recomienda monitorear la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S. EPA). El mayor valor se observa en la zona del colector de la ciudad, que recoge líquidos cloacales y del sistema de pluviales de la ciudad de Fray Bentos.



Distribución de HAP's en sedimentos

Los PCB's tienden a ser adsorbidos por los sedimentos, acumulándose en este sustrato. En la zona se registraron valores de PCB's que exceden los ISQG propuesto en la estación 13, pero estando muy lejos de los valores de concentración de efecto probable. Al igual que con las muestras de agua, se midieron los PCB' tipo dioxinas y los marcadores, registrándose los valores más altos de los PCB's marcadores, como era previsible, en la zona de descarga del colector urbano. En cambio, las concentraciones de los PCB's tipo dioxina representan menos del 1% de los PCB's totales.



Distribución de PCB's en sedimentos

Las **dioxinas** y los **furanos** son compuestos químicos que contienen cloro y pueden ocurrir en 210 configuraciones diferentes, denominados congéneres. Son compuestos producidos involuntariamente por las actividades humanas, como ser la **incineración de desechos, la fabricación química, el refinado de petróleo, la combustión de combustible en los vehículos, la quema de madera y la generación de energía eléctrica**. También se producen naturalmente en los incendios forestales o en las erupciones volcánicas.

Pueden ser transportados largas distancias por la atmósfera, pudiéndose encontrar dioxinas y furanos en zonas lejanas a su fuente de origen. Son compuestos hidrofóbicos, por lo que tienden a adsorberse al material en suspensión y al sedimento, o adherirse a los tejidos grasos de los organismos acuáticos. Si se unen a los sedimentos pueden permanecer sin degradarse por mucho tiempo, tornándose así el sedimento en una fuente a largo plazo de estos compuestos para la biota acuática.

La naturaleza compleja de las dioxinas y los furanos dificultan la evaluación de riesgo en humanos, peces y fauna. Es por ello que se desarrolló el concepto de unidades de equivalencia tóxica, de forma de facilitar la valoración de riesgo y las normas de regulación de exposición a los mismos.

No existen registros históricos de estos compuestos en la zona en estudio, por lo cual se consideró necesario contar con estos valores previos a la entrada en funcionamiento de la planta. Si bien no se cuenta con el número suficiente de mediciones, hasta la fecha no se han detectado estos compuestos, siendo el límite de detección logrado de 1.6 pg WHO-TEQs/g.

Los haluros orgánicos extractables (EOX) comprenden a los compuestos halogenados extractables en un solvente no polar. Tienden a unirse al material en suspensión y a los sedimentos. Incluye a los parámetros con mayor riesgo de bioconcentración, e incluye compuestos como las dioxinas y los furanos entre otros. De las mediciones hechas en los sedimentos de la zona, no se detectaron EOX en ninguna de las estaciones monitoreadas.