



Editorial de la Universidad  
Tecnológica Nacional

## Procedencia del Cadmio detectado en el Estuario Bahiense

Cifuentes, Olga  
Escudero, Daniela  
Medus, Silvina  
Devoto, Betina

Facultad Regional Bahía Blanca  
GEIA - Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental  
Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N.  
Argentina

*18º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente  
AIDIS Argentina  
Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente  
18 y 20 de abril 2012 - Buenos Aires*

El trabajo se desarrolla en el marco del Proyecto de Investigación "Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Estuario de Bahía Blanca" (UTN-FRBB).

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

[edutecne@utn.edu.ar](mailto:edutecne@utn.edu.ar)

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

# PROCEDENCIA DEL CADMIO DETECTADO EN EL ESTUARIO BAHIENSE

Cifuentes, Olga; Escudero, Daniela; Medus, Silvina; Devoto, Betina

**Palabras claves:** Contaminación, Cadmio, Estuario.

## RESUMEN

El trabajo se desarrolla en el marco del Proyecto de Investigación "Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Estuario de Bahía Blanca" (UTN-FRBB). El objetivo del mismo es indagar sobre la fuente de procedencia del Cadmio (Cd) detectado en agua, sedimentos y peces del estuario bahiense.

Inicialmente se presenta un marco teórico actualizado sobre Cd que incluye: su origen, sus efectos sobre la salud y el medioambiente (su detección en agua, sedimentos y peces), las fuentes y los productos que lo contienen, los acuerdos e instrumentos internacionales medioambientales que lo incluyen así como leyes y decretos argentinos que lo mencionan.

Posteriormente se realiza la descripción del área del Polo Petroquímico y del sector portuario ubicado sobre el estuario de Bahía Blanca, dentro del ámbito de aplicación de la Ley Provincia Buenos Aires N° 12530/01, identificando todas las descargas puntuales que aportan al estuario (industriales, cloacales, pluviales y cursos naturales) y difusas (ej. ex basural sobre la planicie de inundación).

Las descargas mencionadas y los puntos de monitoreo sobre el estuario, geoposicionados mediante GPS, se vuelcan en un Sistema de Información Geográfica (SIG), a fin de poder visualizarlas y analizar la relación entre ellos.

Los resultados de las descargas de los efluentes industriales y urbanos se comparan además con los máximos establecidos para vuelco en la legislación vigente, considerando el cuerpo receptor de cada descarga.

Del procesamiento y la evaluación de los registros surgen las consideraciones y recomendaciones finales.

En síntesis, no se pudo determinar una fuente, como única causante de la contaminación o determinante de la aparición de Cd. Se identifican como más significativas la descarga difusa del ex basural y las descargas puntuales de los efluentes cloacales, considerando necesario intensificar muestreos e investigar con mayor profundidad sobre las mismas.

Como conclusión importante, se debe mencionar que de todos los resultados evaluados de las descargas industriales y urbanas, en ningún caso se superaron los valores admisibles establecidos por la legislación vigente y que si bien se ha detectado Cd en el Estuario, no se debe olvidar que este metal es un componente natural de las aguas marinas.

## INTRODUCCIÓN

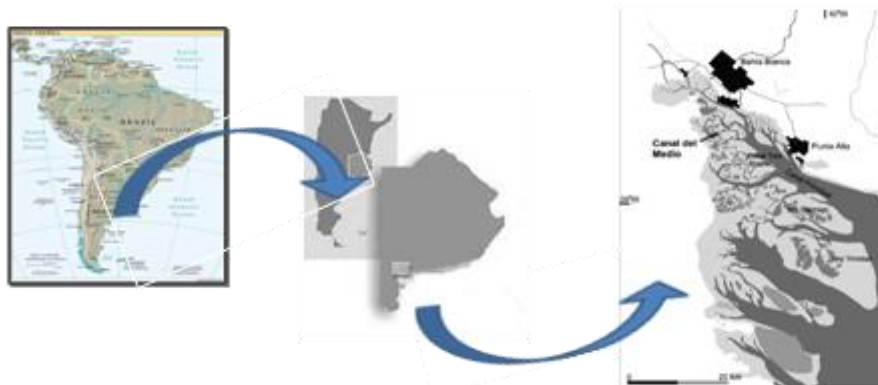
La motivación para desarrollar este estudio nace a partir de la detección de Cd y otros metales en aguas, sedimentos y peces del estuario de Bahía Blanca.

Este estuario se encuentra localizado entre los 38°45' y los 35°10' de latitud Sur y los 61°45' y 62°30' de longitud Oeste, sobre el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina (**Figura N° 1**).

A partir de la Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 12.530, en el año 2001 se crea el Comité Técnico Ejecutivo (CTE) de la Municipalidad de Bahía Blanca, que lleva adelante un Programa Integral de Monitoreo (PIM) con distintos Sub Programas que contemplan, entre otros, el monitoreo de las aguas del estuario bahiense y el monitoreo de las descargas de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria. Por otra parte, otros

organismos públicos y/o privados monitorean el estuario, arroyos y pluviales que descargan en el estuario. A partir de los resultados de estos monitoreos, se genera la investigación que indaga sobre la procedencia de Cd en el estuario, en relación con las distintas descargas: puntuales (industriales, cloacales, pluviales y cursos naturales) y difusas (ex basural).

Figura N° 1: Ubicación del Estuario de Bahía Blanca



## METODOLOGÍA

La investigación se inicia delimitando el área de estudio, Estuario de Bahía Blanca, en el sector comprendido bajo la jurisdicción de aplicación de la Ley Provincia Buenos Aires N° 12.530/01 e identificando cada una de las descargas naturales y antrópicas, que aportan al mismo.

Posteriormente, se realiza una revisión bibliográfica a nivel nacional e internacional, a fin de contar con un marco teórico actualizado sobre Cd: origen, efectos sobre la salud y el medioambiente (su detección en agua, sedimentos y peces), fuentes y productos que lo contienen, acuerdos e instrumentos internacionales medioambientales que lo incluyen, así como leyes y decretos argentinos que lo mencionan.

Se consultan las bases de datos con resultados de análisis suministradas por el CTE y el IADO (período 2001 - 2010), Empresa VALE - Proyecto Cloruro de Potasio (2011) y CGPBB (período 2003 - 2011)<sup>1</sup>.

Una vez recopilados, se procesan, validan y evalúan los resultados de análisis de Cd realizados sobre los cuerpos receptores y las distintas descargas:

- Las 8 estaciones de monitoreo sobre el Estuario de Bahía Blanca [E1- Boya 24; E2- Descarga Cloacal Principal Bahía Blanca (Canal de la Ballena); E3- Proximidad Puerto Ingeniero White; E4- Puerto Galván (Posta Inflamables); E5- Descarga Colector Polo Petroquímico; E6- Descarga Canal Maldonado; E7- Puerto Cuatrerros; E8- Proximidades de Descarga Cloacal Tercera Cuenca]. En dichas estaciones el IADO analizó Cd en agua, sedimento y peces.<sup>[1][2]</sup> (**Figura N° 2**)
- Las descargas de las industrias del Polo Petroquímico y Área Portuaria (dos descargas de Refinería Petrobrás; descargas de Dow Chemical - PBB Polisar: Plantas EPE, LHCl, LHC II, LDPE, HDPE y Barcaza; las descargas de Transportadora Gas del Sur; Solvay Indupa; Air Liquide Argentina; Profertil; Mega; Central Termoeléctrica Luis Piedrabuena y Cargill). Datos aportados por CTE.<sup>[1]</sup> (**Figura N° 2**)
- Los efluentes urbanos descargados por las dos plantas depuradoras cloacales de Bahía Blanca (Cuenca Principal y Tercera Cuenca). Datos aportados por CTE.<sup>[1]</sup> (**Figura N° 2**)
- Las aguas y sedimentos próximos a la desembocadura del arroyo Napostá, altura del Proyecto Cloruro de Potasio. Resultados de monitoreos ejecutados y aportados por VALE. (**Figura N° 3**)

<sup>1</sup> Siglas:

CTE: Comité Técnico Ejecutivo - Municipalidad de Bahía Blanca

IADO: Instituto Argentino de Oceanografía

CGPBB: Consorcio Gestión del Puerto de Bahía Blanca

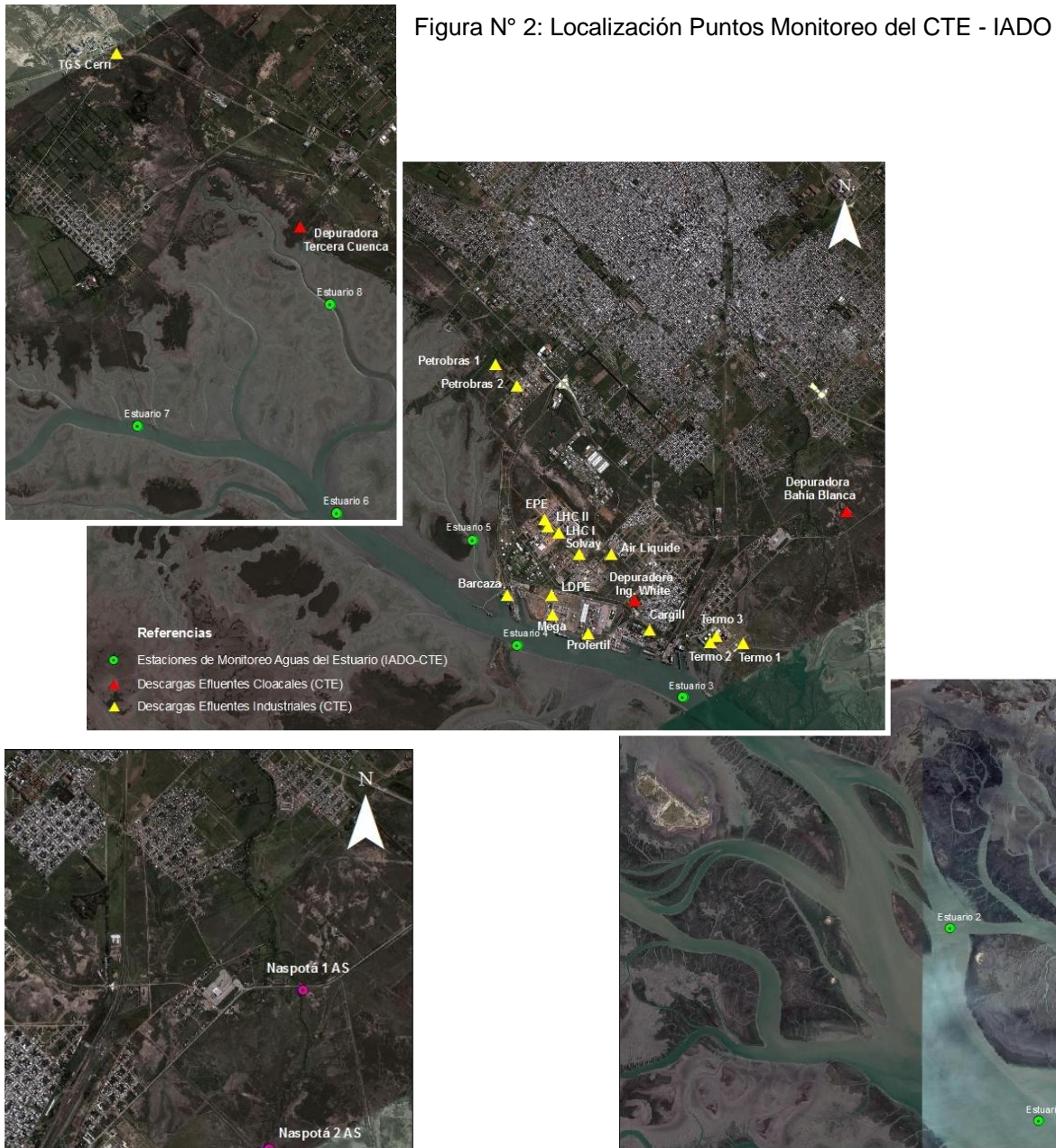


Figura N° 2: Localización Puntos Monitoreo del CTE - IADO

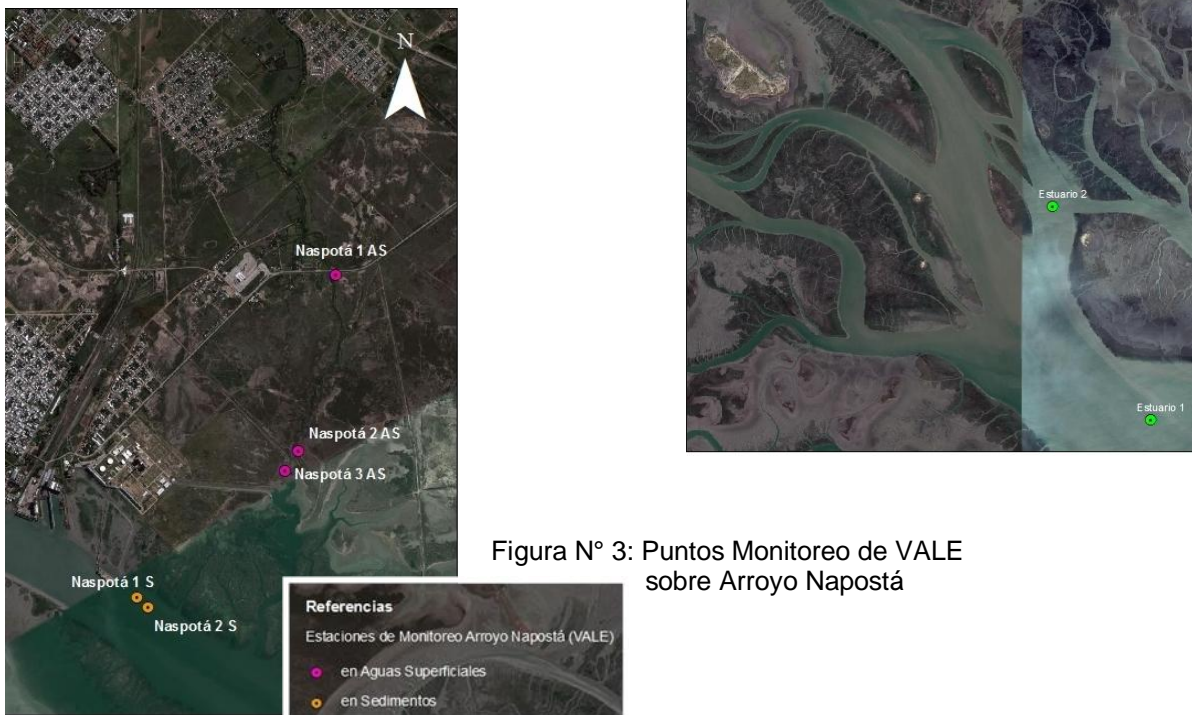


Figura N° 3: Puntos Monitoreo de VALE sobre Arroyo Napostá

- Las aguas del Río Sauce Chico, en condiciones rutinarias de caudal. Datos aportados por CTE. [1]
- Las 20 estaciones que fueron elegidas por ser las representativas dentro del área de estudio, monitoreadas por CGPBB (Canal Principal en Cloaca Ppal. Bahía Blanca y en Boya 32; Muelle Central Piedrabuena; Terminal Bahía Blanca en sitios 5, 6, 7, 8 y 9; Muelle Cargill, Dársena de Pescadores; Muelle Ministro Carranza; Muelle Multipropósito; Muelle Profertil; Muelle Mega; Muelle Dreyfus; Puerto Galván en Círculo de Giro, sitios 2, 3, 5, 6, 7y 8; Posta de Inflamables 1 y 2; Final Canal de Confluencia en S02 Cerri, S06 Cerri y S07

Cerri, Puerto Cuatreros). En dichas estaciones el CGPBB analizó Cd en agua y sedimento. (Figura N° 4).

Figura 4: Localización Puntos Monitoreo de CGPBB



Las distintas descargas puntuales y difusas, así como los puntos de monitoreo sobre el estuario, se geoposicionan mediante GPS y se vuelcan sobre un Sistema de Información Geográfica (SIG), a fin de poder visualizar su relación.

En el caso de las descargas de los efluentes industriales y de los efluentes urbanos, los resultados se comparan con los máximos establecidos para vuelco en el Decreto N° 336/03, reglamentario de la Ley Provincia Buenos Aires N° 5965, cuyo límite máximo admitido para Cd cuando se vuelca a curso superficial (así considerado el Estuario de Bahía Blanca) es  $\leq 0,1$  mg/l y para las descargas de efluentes a colector cloacal,  $\leq 0,5$  mg/l.

Dado que no existen normas nacionales, provinciales o locales con estándares para aguas y sedimentos marinos en el Estuario de Bahía Blanca, a fin de evaluar los niveles de concentración de Cd obtenidos, se toman como referencia los niveles guía de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los EEUU (NOAA), que establece para:

- Cd disuelto en agua: Exposición Crónica 8,8 ppb - Exposición Aguda 40 ppb.<sup>[1]</sup>
- Cd en sedimentos marinos superficiales: Efectos de Amplitud Baja (Effects Range Low - ERL): 1,2 ppm; Efectos de Amplitud Media (Effects Range Median - ERM): 9,6 ppm.<sup>[1]</sup>

La definición de Exposición Aguda para Cd disuelto en agua se refiere a la concentración promedio para una hora de exposición. Se señala que no existen niveles de concentración de referencia establecidos por la NOAA para períodos de exposición menores a una hora.

La definición de Exposición Crónica está referida a la concentración promedio para 96 horas de exposición (4 días), no existiendo niveles de concentración de referencia establecidos por la NOAA para mayores períodos de concentración.

Debido a las características del diseño del monitoreo sobre el estuario de Bahía, podrían compararse los valores obtenidos en cada campaña con los valores de Exposición Aguda, sin embargo, como se desconoce si los valores de concentración hallados persisten o no durante las subsiguientes 96 horas, se utiliza como referencia el valor de Exposición Crónica, que es menor al de Exposición Aguda, que corresponde a un criterio de comparación más conservador.<sup>[1]</sup>

Respecto a peces, dado que no existen normas con niveles guía o límites máximos, a nivel nacional, provincial o local para la evaluación del contenido de Cd en productos pesqueros

para consumo humano, los valores determinados se compararon con valores máximos de Cd en tejido de músculo de pescadilla común establecidos por:

- UE-Unión Europea - Reglamento N° 1881/06: 0,20 - 1,0 µg/g músculo, en base peso húmedo.
- FAO-Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: 1 µg/g músculo, en base peso húmedo.
- WHO u OMS-Organización Mundial de la Salud: 1,5 µg/g músculo, en base peso húmedo.
- CAA-Código Alimentario Argentino - Ley Nacional N° 18.284: No regula.

Del procesamiento y análisis de los resultados, se desprenden las consideraciones y recomendaciones finales, que se detallan en el documento.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El sistema del Estuario de Bahía Blanca, que sigue una traza de aprox. 80 Km en dirección NO-SE, abarca unos 2300 km<sup>2</sup>, incluyendo un canal principal de 68 km de longitud y una serie de islas, marismas bajas y planicies intermareales separadas entre sí por canales de marea (Ángeles, 2001). El régimen de mareas es semidiurno con amplitud media de 2 a 3,3 m (Perillo et al., 2001, Pícolo et al., 1990).

La distribución de las islas, extensión de las planicies, presencia de salitrales y marismas, aportes de agua dulce y posición geográfica determinan dentro del estuario, sectorizaciones particulares (Melo et al., 2001).

Los ríos y arroyos que desembocan en el sector interno del estuario, aportan volúmenes de agua dulce que varían con la intensidad de las precipitaciones, determinando cambios locales en la salinidad (Botté et al., 2007, Freije et al., 2004). De los afluentes de agua dulce pueden destacarse el río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande, con cuencas de drenaje de 1600 km<sup>2</sup> y 920 km<sup>2</sup>, respectivamente (Campuzano et al., 2008, Perillo et al., 2001). Los cursos de agua aportan sedimentos que, junto con aquellos provenientes de la erosión de las planicies de marea y de los bancos de los canales, son redistribuidos en el sistema (Bokuniewicz, 1995). Esta zona interior, se continúa con el Salitral de la Vidriera, que penetra en el continente en la dirección N.O., incluyendo lagunas y salinas (Freije & Marcovecchio, 2004)<sup>[2]</sup>.

El área externa del estuario en cambio, presenta una influencia marina significativamente más marcada.

En proximidades de la cabecera del estuario, sobre la costa norte, conviven las localidades de General Cerri, Ingeniero White y Bahía Blanca, una Reserva Natural, un balneario municipal, un polo petroquímico, un Parque Industrial de 136 ha con 106 industrias en franco crecimiento y un área portuaria industrial integrada por los Puertos Cuatrerros, Galván e Ingeniero White, éstos dos últimos de importancia nacional por su profundidad, su producción y su exportación. En la zona más externa, y sobre la misma margen, se ubican las instalaciones militares de la Base Naval Puerto Belgrano, la ciudad de Punta Alta, Puerto Rosales, la Base de Infantería de Marina Baterías y la Reserva Provincial de Usos Múltiples (integrada por una serie de islas e islotes).

Estas variadas actividades han originado que el estuario haya recibido históricamente aportes de sustancias exógenas al sistema, provenientes de descargas cloacales, industriales, lixiviados de basurales, agroquímicos y otros provenientes de la actividad portuaria. Estos aportes se realizan directa o indirectamente, a través de los afluentes de agua dulce, naturales o artificiales, que se muestran en la **Figura N°5**:

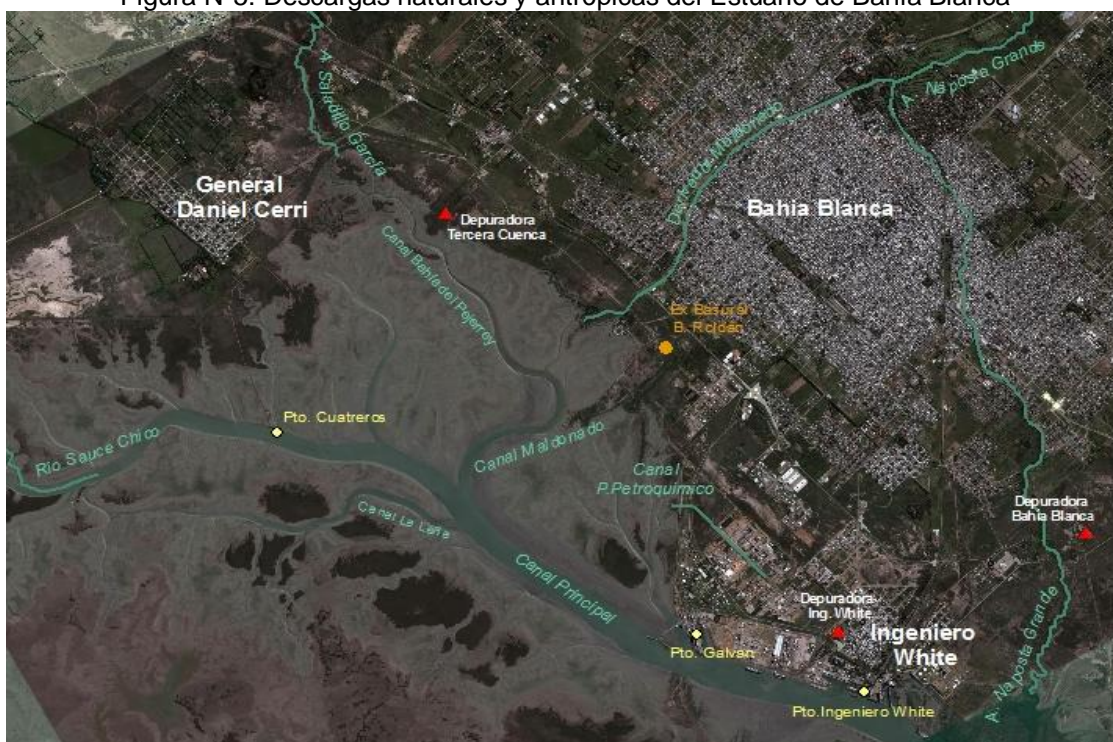
- Arroyo Saladillo de García: considerado cuerpo receptor de agua superficial, que además, recibe las descargas de la Planta Transportadora Gas del Sur, del frigorífico Villa Olga y de la Planta Depuradora de la Tercera Cuenca Cloacal.
- Descargas puntuales de las empresas: Petrobrás, Mega, Profertil, Central Piedra Buena, Cargill (a partir abril de 2005, pues antes volcaba a la red cloacal) y Dow Chemical - PBB Polisor (Planta LLDPE-Barcaza, con vuelco discontinuo).
- Descargas puntuales de las Plantas Depuradoras, que a su vez recibe las descargas de la empresa Air Liquide y de otras industrias de diferentes rubros de producción, radicadas en el Parque Industrial de la ciudad y del ejido urbano.
- Canal Colector del Polo Petroquímico: que recibe los efluentes de las empresas Solvay Indupa (con un punto unificado de descargas de las plantas Cloro Soda, PVC y VCM), y

PBB Polisur (vuelco unificado de las plantas de craqueo LHC I y LHC II y las descargas de las plantas EPE, LDPE y HDPE).

- Arroyo Napostá que transita con dirección N-S, atravesando la ciudad, hasta su desembocadura en el estuario.
- Canal artificial Maldonado, derivador del Arroyo Napostá, que recoge desagües pluviales y recibe efluentes domiciliarios e industriales clandestinos.
- Río Sauce Chico que se dirige a su desembocadura en el estuario, atravesando la zona de quintas próxima a la localidad de General Cerri.

Es importante resaltar la localización del ex basural de la ciudad denominado Belisario Roldán, ubicado en las planicies de inundación del estuario, pues pese a no estar operativo, no se ha saneado y sus lixiviados se convierten en una descarga difusa.

Figura N°5: Descargas naturales y antrópicas del Estuario de Bahía Blanca



## MARCO TEORICO

Luego de investigar en la distinta bibliografía disponible, se consideró necesario transcribir parte de la información contenida en “Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe”<sup>[4]</sup>, pues sintéticamente resume la información básica sobre Cd, que se considera necesaria adjuntar al trabajo para identificar la procedencia de este metal en el Estuario de Bahía Blanca.

### **Cadmio:**

El cadmio es un metal de color blanco brillante, dúctil, maleable y resistente a la corrosión. Su densidad es de  $8.642 \text{ g/cm}^3$ , y sus vapores son 3.88 veces más pesados que el aire. Cuando en la atmósfera hay gases o vapores reactivos, como los bióxidos de azufre o de carbono, reacciona con ellos y produce respectivamente carbonato, sulfito, hidróxido, sulfato y cloruro de cadmio. El cadmio se presenta en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos de zinc. No se recupera como producto principal de las minas, sino como un subproducto de la extracción de otros metales no ferrosos, principalmente de minerales de zinc.

Alrededor del 18 por ciento del consumo mundial proviene del reciclaje. Los principales usos del Cd refinado son: baterías (pilas Ni-Cd), pigmentos para plásticos, cerámica y esmaltes, estabilizadores para plásticos, placas de hierro y acero, también como elemento de aleación de plomo, cobre y estaño (...)

Debido a su similitud con el zinc, las plantas absorben el cadmio del agua de riego, por esto, el empleo de fertilizantes a base de fosfatos que contienen cadmio en forma iónica, como contaminante natural, o su presencia en el lecho de ríos y mares contaminados por las descargas industriales, aumentan los niveles del elemento en los suelos y por lo tanto en las plantas. El aumento de los niveles de cadmio en los alimentos es otro efecto indeseable de la lluvia ácida, debido a que la concentración de cadmio biodisponible aumenta cuando disminuye el pH del suelo (Osorio Saldívar, 1997).<sup>[4]</sup>

#### **Efectos del cadmio sobre la salud:**

Los principales efectos adversos del cadmio incluyen daño renal y el enfisema pulmonar. La población de mayor riesgo son las mujeres con deficiencias nutricionales o bajo contenido de hierro, también las personas con trastornos renales, los fetos y los niños con bajo contenido de hierro en sus reservas corporales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido una Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) para el cadmio en 7µg/kg de peso corporal siendo el riñón el órgano diana considerado crítico para controlar la toxicidad del Cd en los humanos. Los efectos críticos principales incluyen un aumento de la excreción de proteínas en la orina como resultado de los daños de células tubulares proximales y la severidad del efecto depende de la duración y magnitud de la exposición.

Las alteraciones óseas son otro efecto crítico de la exposición crónica a niveles elevados.

El cadmio es un carcinógeno humano por la vía de inhalación. Datos epidemiológicos de los lugares de trabajo confirman a los pulmones como órganos afectados, el cadmio no se considera un agente cancerígeno por ingestión.

Se almacena principalmente en el hígado y los riñones, la eliminación es lenta, con una media de vida muy larga (décadas) en el cuerpo humano; el cadmio se almacena más en los tejidos con la edad.

El tabaco es una importante fuente de absorción de cadmio en los fumadores y también puede afectar a los no fumadores a través de la exposición pasiva al humo secundario.

Las personas que viven en las proximidades de fuentes industriales y otras fuentes con punto de liberación de cadmio pueden estar expuestas a un mayor nivel de este metal.

Los cultivos agrícolas (en particular el arroz de regadío) generalmente representan la mayor parte de la ingesta, los vegetarianos y los grupos de alto consumo de cereales pueden tener mayor exposición en comparación con la población general.

Las personas con un alto consumo de mariscos y carnes de órganos de animales marinos también pueden tener un consumo especialmente alto de cadmio.

El cadmio en los cultivos se debe a la absorción de cadmio del suelo y la velocidad de absorción está influenciada por factores tales como el pH del suelo, salinidad, contenido de humus, las especies y variedades vegetales y la presencia de otros elementos (por ejemplo, zinc).<sup>[4]</sup>

#### **Efectos del Cadmio sobre el medio ambiente:**

El cadmio y muchos de sus compuestos tienen la presión de vapor relativamente baja, y por lo tanto no son particularmente volátiles. Sin embargo, los procesos de alto calor pueden volatilizar el cadmio y se emitirá en forma de vapores de cadmio, que rápidamente se condensan en los aerosoles a medida que entran a la atmósfera (CE, 2001). La movilidad de cadmio en los ambientes acuáticos se ve reforzada por un pH bajo, baja dureza, niveles bajos de materia en suspensión, potencial redox de alta y baja salinidad (Gobierno del Canadá, 1994). En el agua natural, la biodisponibilidad de cadmio se reduce a través de absorción de partículas en suspensión y son los responsables biológicos de controlar los niveles más altos de cadmio (ECB, 2005). En los sistemas acuáticos, el cadmio es más fácilmente absorbido por los organismos directamente del agua en su forma iónica libre (AMAP, 1998). La química de cadmio en el ambiente del suelo es en gran medida controlada por el pH. La EPA (1999) informa que en condiciones ácidas, las soluciones del cadmio aumentan, y hay muy poca absorción de cadmio por los coloides del suelo, los óxidos hidratados y la materia orgánica propia del lugar.<sup>[4]</sup>



### **Fuentes que contienen cadmio:**

El cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.1 mg/kg, en las rocas sedimentarias las concentraciones son más elevadas; las condiciones ambientales como la erosión causan el transporte de grandes cantidades de cadmio a los océanos cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 µg/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las áreas de alta actividad humana pueden contener concentraciones muy elevadas de cadmio asociadas a la descarga de desechos biológicos.

La actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera y se ha calculado que el incremento total anual debido a esta fuente es de 100 y 500 toneladas; el vulcanismo subterráneo también libera cadmio al ambiente pero aún no se ha cuantificado el efecto de este proceso (Osorio Saldívar, 1997).

La minería de metales no ferrosos es la principal fuente de liberación de cadmio al medio acuático, la contaminación puede provenir del agua de drenado de minas, de las aguas residuales del procesamiento de los minerales, de derrames de los depósitos, de desechos del proceso del mineral, del agua de lluvia que cae en el área general de la mina y de las partículas más ligeras de mineral que pasan a través de los cedazos en las operaciones de concentración y purificación.

El contenido de cadmio en los fertilizantes es muy variable y depende del origen de la roca. Se ha calculado que los fertilizantes procedentes de África occidental contienen entre 160 y 225 gramos de cadmio por tonelada de pentóxido de fósforo, mientras que la concentración de cadmio en los fertilizantes procedentes del sureste de los EEUU es de 36 g Cd/T. Esto significa un aumento del 1% en el nivel de cadmio en el suelo superficial en donde se apliquen los fertilizantes de EEUU. A pesar de que la tasa de incremento es relativamente pequeña, se ha demostrado que la aplicación continua de fertilizantes que contienen cadmio causa un aumento notable en la concentración del metal en suelos, de donde puede pasar a las plantas e incorporarse a la cadena trófica como ocurrió en Japón en el caso del "itai-itai" (Osorio Saldívar, 1997).

Existen dos principales fuentes de obtención de cadmio, de tipo primario obtenido de la recuperación de la fundición del zinc y del cadmio, la otra fuente es de tipo secundario, derivado del reciclaje de baterías de níquel-cadmio, de las aleaciones de cobre-cadmio, hierro y otros, así como del reciclaje de polvos de hierro y cadmio.

El cadmio es liberado por varias fuentes naturales y antropogénicas a la atmósfera, a los ambientes acuáticos (agua dulce y agua salada) y a los ambientes terrestres, incluyendo flujos entre estos sistemas. El cadmio liberado a la atmósfera se puede depositar en la tierra y las aguas, y eventualmente es eliminado al medio acuático; los disipadores de largo plazo son sedimentos del fondo del mar y hasta cierto punto vertederos controlados, en los casos en que, debido a sus propiedades físico-químicas, el cadmio está inmovilizado y permanece sin alteración por la actividad antropogénica o natural (climática y geológica) (Osorio Saldívar, 1997).<sup>[4]</sup>

Del mismo documento se desprende que el cadmio, una vez emitido a la atmósfera, está sujeto al transporte atmosférico en forma de partículas (aerosoles); dependiendo de varios factores que incluyen el tipo de fuente (natural o antropogénicas), el tamaño de partícula, la altura de los puntos de emisión y la meteorología. El cadmio tiene un tiempo de residencia relativamente corto en la atmósfera (días o semanas), sin embargo, este metal puede ser transportado a grandes distancias locales, nacionales o regionales e incluso intercontinentales.<sup>[4]</sup>

Otra bibliografía consultada señala como fuentes contaminantes de cadmio al aire: las calderas industriales, las fundiciones de plomo elemental, la fabricación de cemento portland, las refinerías de petróleo y los incineradores de residuos peligrosos.<sup>[5]</sup>

De la investigación realizada también surge que la Comisión Europea reconoce que la mayoría de los compuestos de plomo y cadmio, incluidos los utilizados en el PVC son peligrosos para el medioambiente y presentan un riesgo de efectos acumulativos. Los dos metales son persistentes y algunos de los compuestos se acumulan en ciertos organismos. Los riesgos potenciales derivados de los estabilizantes de plomo y cadmio en el PVC tienen lugar cuando los estabilizantes de plomo y cadmio permanecen retenidos en la fase de utilización y durante las fases de producción y tratamiento de residuos.

### **Productos que contienen Cadmio:**

El revestimiento y electro plateado de cadmio se aplica a ciertos metales para evitar su corrosión. La cantidad de cadmio consumido para revestimientos y electro plateados a nivel mundial ha disminuido en los últimos años, varias partes cromadas con cadmio fueron

eliminadas de los vehículos de motor. Sin embargo, los recubrimientos de cadmio todavía son utilizados por la industria aeroespacial y militar para algunas aplicaciones críticas en las que la sustitución del recubrimiento puede poner en peligro la seguridad operacional. El cadmio se utiliza comúnmente para sujetadores, placas en dispositivos de aterrizaje de aviones y paracaídas, debido a una combinación de propiedades no presentes en otros revestimientos anticorrosivos” [US Department of the Interior US Geological Survey 2008 Minerals Yearbook Cadmium [Advance Release]. (...)

Las reacciones dentro de una batería recargable de Ni-Cd se producen entre los compuestos de níquel en el electrodo positivo y entre los compuestos de cadmio en el electrodo negativo. Las pilas Ni-Cd tienen un elevado número de ciclos de carga-descarga, una alta tasa de descarga de energía y un amplio rango de temperatura de operación. Por su duración, son de gran aplicación en productos electrónicos portátiles (principalmente herramientas eléctricas) y por ofrecer energía de reserva para aplicaciones industriales y sistemas eléctricos de aeronaves. (...)

Se pensó que el uso de la batería de Ni-Cd en electrónica de consumo estaba disminuyendo debido en parte a la preferencia por la batería química recargable de ión litio, que ya ha reemplazado las baterías de Ni-Cd de los teléfonos celulares y computadoras portátiles. Sin embargo, las baterías de Ni-Cd tienen una ventaja de costos en comparación con otras baterías químicas, por lo que todavía se usan en equipos electrónicos más económicos. (...)

Otro uso que se viene dando a las baterías de Ni-Cd de tamaño industrial es almacenar la energía producida por energía solar o eólica (células solares y parques eólicos). El almacenamiento de energía en un sistema de baterías en masa es necesario para la regular la carga energética, la que será más tarde enviada durante los períodos de alta demanda de electricidad.

Las baterías químicas de Ni-Cd son las más indicadas (favoritas) para este uso debido a su estabilidad en ambientes de clima muy duro y en alta mar.(...)

El pigmento de cadmio inorgánico se basa en sulfuro de cadmio, que es de color rubio dorado, pudiéndose variar el espectro del color de los pigmentos, desde el amarillo brillante al marrón. Los pigmentos de cadmio se emplean sobre todo en los plásticos de color que se procesan a temperaturas más altas; los pigmentos son capaces de soportar altas temperaturas sin degradarse.(...)

El principal compuesto utilizado es el telurio de cadmio, película flexible delgada de células solares que es una alternativa al silicio cristalino, tradicionales células solares, y es práctica para las aplicaciones comerciales en azoteas y en sistemas de gran escala. Las células fotovoltaicas de telurio de cadmio fueron consideradas seguras, y de aplicación ecológicamente amigable para el cadmio pues éste se mantiene contenido en la estructura y es reciclable. Las celdas de telurio de cadmio contienen un promedio de 7 g Cd/m<sup>2</sup>. Esto equivale a 70 g de Cadmio por kilovatio de energía eléctrica producida, suponiendo que las células son de 10% de eficiencia (Fthenakis, 2003; Ullal y Roedern von, 2007).<sup>[4]</sup>

Resumiendo, los productos que contienen Cd surgen de áreas de aplicación provenientes baterías o acumuladores eléctricos de Ni-Cd, herramientas eléctricas inalámbricas, conexiones inalámbricas de comunicación por radio, dispositivos de luz de emergencia; aspiradoras sin cable, teléfonos inalámbricos; walkie-talkies; aparatos para uso doméstico y de cuidado personal (cepillos de dientes, afeitadoras, cortadoras, etc.); lámparas solares; teléfonos móviles (celulares); computadoras portátiles; equipos grabadores de video casetes; dispositivos especializados de técnicas de medición (de laboratorio, médicos, etc.), células solares y parques eólicos; productos de galvanoplastia, aleaciones de bajo punto de fusión, recubrimientos de rectificadores y acumuladores, soldadura de cañerías, latas con restos de pinturas con pigmentos y preparaciones a base de compuestos de cadmio (pinturas fluorescentes), antioxidantes y otros compuestos estabilizados a base de cadmio para caucho o plástico, fertilizantes de fosfatos, excrementos de animales aplicados al cultivo de alimentos, abonos minerales o químicos y materiales fosfatados, ceniza y residuos (excepto los de la fabricación de hierro y acero) que contienen antimonio, berilio, cadmio, cromo y sus mezclas, switches (dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores), toners, cartuchos con tintas de impresora, viejos tubos de rayos catódicos, monitores, televisores (componentes de sustancias fosforescentes de la TV blanco y negro y activadores para producir color azul y verde en tubos de TV color), viejos cables de PVC, cables del tendido eléctrico, fusibles para sistemas automáticos, alarmas contra incendios y fusibles eléctrico, películas fotográficas, desechos de tintorerías e imprentas, vidrios, entre otros elementos.

### **Acuerdos e Instrumentos medioambientales internacionales que incluyen al Cadmio:**

- Convenio de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Disposición.
- Convenio de Rotterdam aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objetos de comercio internacional.
- Protocolo de Aarhus sobre Metales Pesados.
- Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Químicos.

### **Iniciativas ambientales Nacionales y de la Provincia de Buenos Aires que mencionan al Cadmio<sup>[6]</sup>**

Las principales normativas con alcances respecto a productos que contienen cadmio:

- Ley Nacional N° 21.947/79, *Convenio sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias*. Abarca: Tratados internacionales - contaminación de aguas - vertimiento de desechos - permisos de vertimiento de desechos. Esta Ley considera, entre otros, al cadmio como sustancia peligrosa a ser controlada.
- Ley Nacional N° 23.922/91, *Aprobación Convenio sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*. Abarca: Tratados internacionales - Convenio de Basilea - protección del medio ambiente - desechos tóxicos - transporte de desechos peligrosos - tráfico ilícito de desechos - control fronterizo - tratamiento de residuos. Esta Ley aprueba el *Convenio de Basilea* sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, que incluye al cadmio como sustancia peligrosa así como elementos que lo contengan.
- Ley Nacional N° 24.051/92, *Residuos Peligrosos* y su Decreto Reglamentario N° 831/93. Abarca: Desechos peligrosos - Registro de generadores y operadores de residuos peligrosos - plantas de tratamiento de desecho peligrosos - certificado ambiental - transporte de residuos peligrosos - residuos patológicos - incidentes de contaminación - daño por vicio o riesgo - responsabilidad extracontractual - cosas abandonadas – oposición terceros - adulteración de aguas potables. En esta ley se incluye al cadmio como sustancia peligrosa.
- Ley Nacional N° 26.184/06, *Ley de Energía Eléctrica Portátil*. Abarca: energía eléctrica - energía eléctrica portátil - pila - batería primaria - importación de energía eléctrica. Específicamente, prohíbe en todo el territorio de la Nación la fabricación, ensamblado e importación de pilas y baterías primarias con 0,015% de cadmio en peso, como también su comercialización.
- Ley Provincia de Buenos Aires N° 5.965/58, *Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y atmósfera*. Abarca: aguas - aguas subterráneas - aguas superficiales - aprovechamiento de aguas - contaminación de aguas - depuración de aguas. En particular, su Decreto N° 336/03 establece para efluentes, los valores admisibles de vuelco de cadmio, dependiendo del cuerpo receptor.
- Ley Provincia de Buenos Aires N° 11.720/95, *Ley de Manipulación, almacenamiento, transporte y tratamiento de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires*. Abarca: derecho ambiental - residuos industriales - tratamiento de residuos. En el Anexo A indica al cadmio y sus compuestos dentro del listado de desechos en los que hay que controlar su gestión.
- Ley Provincia de Buenos Aires N° 13.592 /06, *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*. Reglamentada por Decreto N° 1.215/10. Fija los procedimientos de gestión de residuos sólidos urbanos, de acuerdo a la norma establecida en la Ley Nacional N° 25.916/04 de *Presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios*. Establece pautas, obligaciones y responsabilidades para la gestión de los RSU; la erradicación, impedimento y tratamiento de los basurales.
- Ley Provincia de Buenos Aires N° 14.321/11. Establece un conjunto de pautas, obligaciones y responsabilidades para la gestión sustentable de aparatos eléctricos y electrónicos en la Provincia de Buenos Aires, en concordancia con lo establecido por el Convenio de Basilea, ratificado mediante Ley Nacional 23.992 y las Leyes Provinciales 11.720 (Residuos Especiales) y 13.592 (Residuos Sólidos Urbanos).

Estas dos últimas leyes, si bien no incluyen directamente al cadmio, son de aplicación en el desarrollo de la investigación.

## RESULTADOS

De los análisis de los resultados obtenidos en los distintos de monitoreos, resulta:

### Estudios del IADO sobre el Estuario

La información que se vuelca en este ítem se deduce de los Informes Finales del "Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca"<sup>[2]</sup> incluidos en PIM 2009.<sup>[1]</sup>

Del mencionado documento se analizaron las gráficas de resultados de los monitoreos sobre las aguas y sedimentos del estuario en el último período informado, a fin de identificar los puntos con valores más significativos; y para obtener conclusiones sobre la evolución de los resultados en el tiempo, se evaluaron comparativamente los valores medios anuales de los últimos cuatro programas: 2002, 2005, 2007 y 2008.

Como se indicó en la Metodología, dado que no existen Normas o Niveles Guía de Referencia nacionales, provinciales o locales para el Estuario de Bahía Blanca, a fin de contar con un marco de referencia, se recurrió a los Niveles Guía de la NOAA:

- ✓ Cd disuelto en agua: Exposición Crónica 8,8 ppb - Exposición Aguda 40 ppb.
- ✓ Cd en sedimento marinos superficiales: ERL: 1,2 ppm - ERM: 9,6 ppm.

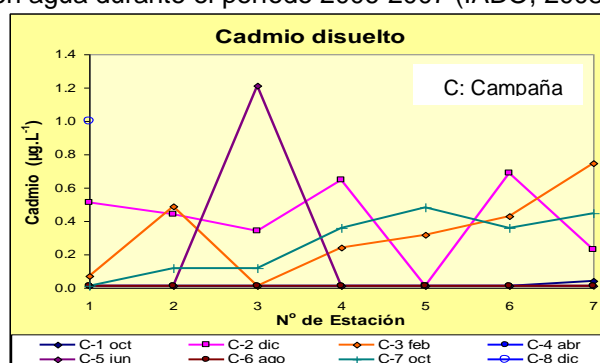
Además, se incluye información sobre estudios realizados sobre peces del estuario.

#### • En aguas superficiales

De la serie de 10 años de datos de Cd disuelto en agua de mar, se puede afirmar que el 100% de los valores históricos de este parámetro estuvieron muy por debajo de los valores guía de referencia de la NOAA y el 95% de los valores históricos estuvieron por debajo de 0,51 ppb. Asimismo, durante la década 1999 - 2009 se registró un 73% de valores no detectables sobre un total de 244 determinaciones de Cd disuelto. El máximo valor encontrado fue de 1,79 ppb y correspondió a la muestra tomada en junio/99 en la estación E4-Puerto Galván (Posta Inflamables).<sup>[1]</sup> Valor, este último, fuera del período de estudio (2001-2011).

En particular, para el período 2006 - 2007, las concentraciones de cadmio disuelto en agua del estuario en la zona de estudio, alcanzaron niveles de 0,69 ppb (diciembre/06), 075 ppb (febrero/07), 1,21 ppb (junio/07) y 0,48 ppb (octubre/07), siendo los valores más altos de los últimos períodos analizados. Como se observa en la **Figura N° 6** los valores más significativos se dan en las estaciones E3-Ingeniero White y E6-Descarga del Canal Maldonado.<sup>[2]</sup> Estaciones próximas a la ex descarga cloacal Ingeniero White y al ex basural respectivamente

Figura N°6: Distribución de concentraciones de cadmio disuelto en agua durante el período 2006-2007 (IADO, 2008)<sup>[2]</sup>



Más recientemente, durante el período 2008-2009 se registró un valor máximo de 0,4 ppb en la muestra tomada el octubre/08 en la estación E6- Descarga del Canal Maldonado.<sup>[1]</sup>

Si bien los valores medidos se encuentran por debajo de los valores guía de referencia de la NOAA, el informe del IADO destaca que la presencia de metales disueltos es indicadora de ingreso reciente al sistema, ya que esta fase de los compuestos metálicos es sumamente efímera y es desplazada rápidamente hacia los otros compartimientos del sistema (por ej., material particulado en suspensión, sedimentos, organismos). Por ello, la detección de las

mencionadas concentraciones de Cd disuelto en agua indica que está ingresando actualmente, y que por lo tanto, existe una o varias fuentes que lo están introduciendo al sistema.<sup>[2]</sup>

- **En sedimentos marinos**

De la serie de 10 años de datos de Cd contenido en sedimentos marinos superficiales, el 63% de los valores históricos de este parámetro estuvieron por debajo del valor guía de referencia ERL y el 100% de los valores históricos estuvieron muy por debajo del valor guía ERM, ambos establecidos por la NOAA.

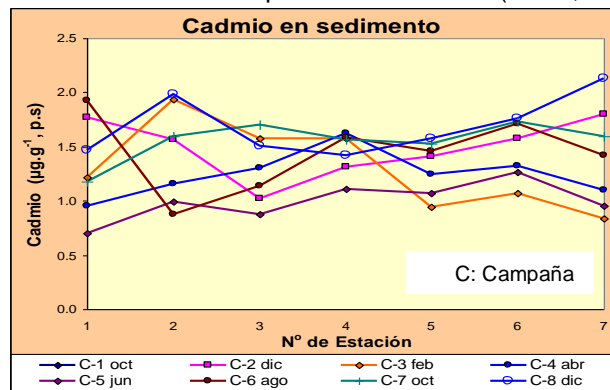
Los máximos valores encontrados en la década 1999-2009 fueron: 2,2 ppm (octubre/06) y 2,13 ppm (diciembre/07), ambos en las muestras tomadas en E7-Puerto Cuatrerros; y 1,98 ppm (diciembre/07) en E2-Descarga Cloacal Principal de Bahía Blanca.

Durante el período 2008-2009 el valor máximo registrado fue de 1,94 ppm, en la muestra tomada en octubre/08 en la E2-Descarga Cloacal Principal de Bahía Blanca.<sup>[1]</sup>

Por su parte, al analizar la presencia de cadmio en los sedimentos superficiales para el 2006-2007, el IADO observó una tendencia sostenida en las campañas evaluadas, con valores similares en las estaciones analizadas y con un ligero incremento (estadísticamente no significativo) hacia las estaciones interiores del estuario<sup>[2]</sup>, lo que puede observarse en la **Figura N° 7**.

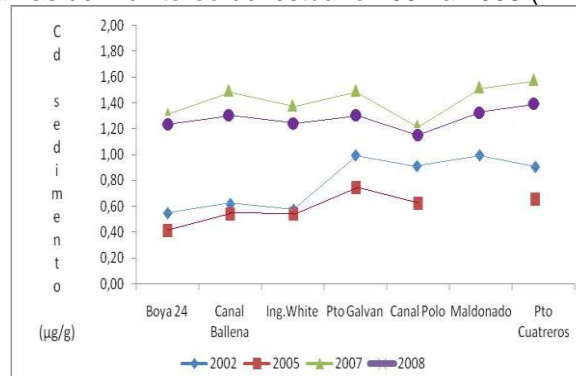
El rango de valores de cadmio en sedimentos para dicho período fue de 0,70 - 2,12 ppm en peso seco vs. lo informado para el período 2008-2009 de 0,08-1,92 ppm.<sup>[2]</sup>

Figura N° 7: Distribución de las concentraciones de cadmio en sedimentos durante el período 2006-2007 (IADO, 2008)<sup>[2]</sup>



Del informe del IADO (2009)<sup>[2]</sup> sobre las distribución comparativa de Cd en sedimentos superficiales en los últimos 4 programas de monitoreo del estuario que se muestra en la **Figura N° 8**, surge que, si bien se evidencia una leve disminución de los valores respecto del año anterior, ambos son superiores a los obtenidos en los años 2002 y 2005.

Figura N°8: Distribución comparativa de Cd en sedimentos superficiales en programas de monitoreo del estuario 2002 a 2008 (IADO, 2009)<sup>[2]</sup>



Además se puede observar que las estaciones E2-Descarga Cloacal Principal de Bahía Blanca (Canal Ballena), E4-Puerto Galván, E6-Descarga Canal Maldonado y E7-Puerto Cuatros, fueron los lugares con mayores concentraciones de cadmio en sedimento para los períodos monitoreados.

- **En peces**

Los valores de Cd determinados en los tejidos de los ejemplares de pescadilla común (*Cynoscion guatucupa*) presentaron una tendencia sostenida: los niveles de este metal en músculo estuvieron desde valores inferiores al límite de detección del método analítico empleado hasta los 0,31 µg Cd/g, en peso húmedo, mientras que los de hígado variaron entre los 0,01 y 3,11 µg Cd/g, en peso húmedo. Los valores de Cd en músculo determinados en este estudio son del mismo orden que los antecedentes históricos que existen para esta especie en el estuario de Bahía Blanca (Marcovecchio, 1988 ; Marcovecchio et al., 1988.a ; 1988.b ; IADO, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008), aunque los registrados en hígado son significativamente superiores, y merecen ser estudiados más detenidamente.

En este caso la tendencia observada no permite sostener la existencia de una acumulación biológica de Cd en el músculo de la pescadilla del estuario, aunque parece haber evidencia de la existencia de este proceso en el hígado de los ejemplares estudiados. Probablemente esta situación se dé así, porque los valores de Cd en músculo (que son muy bajos) están por debajo del umbral que dispara la bioacumulación, mientras que los del hígado lo superan significativamente. Esta es la primera vez que se registra acumulación biológica de Cd en un tejido de esta especie en el estuario.<sup>[2]</sup>

Los resultados anómalos de cadmio y plomo en dos muestras de pescadilla común, iniciaron informes técnicos elaborados en el CTE, que fueron elevados a través de la Subsecretaría de Gestión Municipal al SENASA, donde se inició un expediente administrativo para comunicar los resultados de estos análisis de metales pesados.<sup>[1]</sup>

### **Estudios del CGPBB sobre el Estuario**

El CGPBB cuenta con más de 35 estaciones de monitoreo sobre el estuario que incluyen algunas fuera del universo de estudio de este trabajo (ej. Puerto Rosales, Puerto Belgrano, Boya 24, entre otras). Para esta investigación se eligieron las 20 estaciones más representativas en las que, desde el año 2001, se analizó Cd en agua y en sedimentos.

Las estaciones elegidas han sido identificadas mediante sus coordenadas, determinadas por GPS, y volcadas en un SIG, cuyo mapa resultante puede observarse en la **Figura N° 4**.

- **En aguas superficiales**

De los 191 registros analizados de Cd disuelto en agua del estuario, sólo el 11,5 % de los mismos arrojaron valores medibles y el 9%, superaron el límite de Exposición Aguda establecido por la NOAA. Estos últimos, se dieron en los sitios de Terminal Bahía Blanca (hasta 120 ppb); en Dársena de Pescadores (110 ppb); Muelle Ministro Carranza (hasta 130 ppb) y en sitios de Puerto Galván (hasta 120 ppb). **Tabla N° 1**

Es importante mencionar que el 9% de las muestras que arrojaron resultados por encima del límite de Exposición Aguda fueron extraídas en los años 2003 y 2004. Se destacan dentro de esos resultados las concentraciones obtenidas en el Muelle Ministro Carranza, punto que se corresponde con la descarga cloacal de la planta depuradora de Ingeniero White, que a partir del año 2009 deriva sus efluentes a la Planta Depuradora Principal de Bahía Blanca. Además, las altas concentraciones en Puerto Galván, se corresponden con los sitios de amarre 2/3, próximo a la localización de la planta flotante de PVC de DOW - PBB - Polisur, y el sitio 5, donde ocasionalmente se descargan fertilizantes fosfatados.

- **En sedimentos marinos**

De las 233 determinaciones de Cd en sedimentos del estuario de Bahía Blanca, el 45% arrojaron valores detectables y el 23% superaron el límite ERL establecido por la NOAA, de 1,2 ppm, no superando en ninguna oportunidad el ERM de 9,6 ppm.

En el sitio 5 de Puerto Galván en 8 oportunidades se superó el ERL, alcanzando un máximo de 3,6 ppm y en Muelle Ministro Carranza se lo superó 2 veces, con un máximo de 3,4 ppm.

**Tabla N° 2.**

En el año 2011 se comenzó a realizar muestreos en los sedimentos de la zona próxima al Ex Basural Belisario Roldán, en el punto denominado Extremo Sur Almirante Brown, obteniéndose como resultado el valor de 2,3 ppm, resultado que se encuentra en proceso de validación.

### **Estudios sobre las descargas industriales Polo Petroquímico y Área Portuaria**

De los 322 resultados de análisis de Cd de 10 años de monitoreo realizados por el CTE, sobre las descargas de efluentes líquidos industriales del Polo Petroquímico y Área Portuaria, ninguno superó el máximo admitido por la legislación vigente de 0,1 mg/l para vuelco a cuerpo de agua superficial (así considerado el estuario de Bahía Blanca) y 0,5 mg/l para vuelco a colector cloacal. En general, salvo algunas excepciones los valores se informaron siempre por debajo del límite de cuantificación <0,005 mg/l.

El PIM 2010<sup>[1]</sup> informa que se continuaron los análisis orientados a la investigación de Cd iniciados en el año 2007. Durante el 2010 no se detectó la presencia de este metal y todas las determinaciones fueron menores que el límite de cuantificación.

Si bien todos los resultados se encuentran disponibles y se pueden consultar en los PIM correspondientes<sup>[1]</sup>, las síntesis de los resultados para cada industria se pueden observar en:

- **Tabla N°3:** Descargas de efluentes industriales a Curso Superficial (Estuario Bahía Blanca)
- **Tabla N°4:** Descargas de efluentes industriales a Colector Cloacal
- **Tabla N°5:** Descargas de efluentes del Parque Industrial a Colector Cloacal

Respecto a las descargas de los efluentes del Parque Industrial a Colector Cloacal, a partir del año 2009 y a raíz de la detección de algunos metales pesados como cadmio y mercurio en monitoreos llevados a cabo por el IADO en el estuario, se comenzaron a realizar una serie de muestreos a modo de screening para evaluar su presencia, en una cámara de inspección situada aguas abajo del Parque Industrial.<sup>[1]</sup>

Se recuerda que descargan al colector de este Parque unas 106 empresas, entre ellas, industrias de acumuladores, de coloración de PVC, de productos de limpieza, entre otras que podrían contener Cd en sus efluentes. Si bien el screening arrojó resultados de Cd por debajo del límite de cuantificación de 0,005 mg/l, se sugiere realizar monitoreos periódicos.

De la evaluación de estos resultados surge como inquietud evaluar si es necesario seguir invirtiendo esfuerzos y presupuestos en monitorear este parámetro en los efluentes de todas las industrias, para solo concluir que los resultados se encuentran siempre por debajo del límite de detección de 0,005 mg/l y muy por debajo del máximo admitido por la legislación vigente para vuelco.

Tal vez, sería más conveniente hacer un seguimiento en cuanto a cambio en los insumos de proceso de cada industria y volcar los esfuerzos en aquellas que de acuerdo a lo que señala el marco teórico pudieran tener Cd en sus efluentes, bajando además los límites de detección a fin de poder determinar si se detecta este parámetro y en tal caso verificar cual es su tendencia.

### **Estudios sobre canal colector Polo Petroquímico**

En este canal vuelcan sus efluentes las plantas de Dow Chemical y de Solvay Indupa. En ninguna oportunidad se registró la presencia de Cd en aguas por encima de los límites de cuantificación de 0,005 mg/l.<sup>[1]</sup>

En cambio, los resultados de muestreos en sedimentos realizados durante el año 2009 oscilaron entre 2,6 y 2,9 ppm, por encima del ERL de la NOAA (1,2 ppm).<sup>[1]</sup>

El análisis sobre lixiviados de sedimentos dio muy por debajo del valor de referencia del Decreto 891/92 (Ley Nacional N° 24.051/92).<sup>[1]</sup>

### **Estudios sobre las descargas Cloacales**

Los resultados de análisis a los efluentes de las dos Plantas Depuradoras Cloacales son escasos y si bien existen monitoreos que se comenzaron a realizar en el año 2011, los mismos se encuentran en validación y no disponibles. Los pocos datos aportados por el CTE indican que los valores de Cd en agua se encuentran por debajo de los máximos admitidos establecidos por la legislación vigente.

No se obtuvieron resultados de análisis realizados a los sedimentos de estas descargas.

Sin embargo, como se desprende de la **Figuras N°7 y 8** de distribución de las concentraciones de Cd en sedimento, en la estación E2-Descarga Cloacal Principal de Bahía Blanca (Canal Ballena), se observa una tendencia sostenida de Cd en las campañas evaluadas por el IADO.

Es por ello, que es necesario llenar el vacío de información (por no existencia o por no disponibilidad de la misma) respecto a monitoreos en las descargas de ambas plantas depuradoras, para descartar que los efluentes urbanos sean portadores de Cd y/o de lo

contrario, establecer controles sobre las industrias que podrían generarlo, que se encuentran establecidas en el ejido de la ciudad y que descargan a la red colectora.

Tabla N° 1: Síntesis de Monitoreos de Cd disuelto en agua del Estuario de Bahía Blanca - CGPBB

Límite NOAA Exposición Crónica <8,8 µg/l (ppb) - Límite NOAA Exposición Aguda <40 µg/l (ppb) -

Sector Monitoreado	Puntos de Monitoreo	Período de Monitoreo		Nro de Registros Cd	Evaluación Resultados Cd	N° veces superado límite	Máximos µg/l (ppb)	Fechas Máximos
		Desde	Hasta					
Canal Principal	Cloaca Ppal. B. Bca.	19/02/2009	30/09/2011	3	Valores por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Canal Principal	Boya 32	07/01/2009	06/01/2010	3	Valores por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Muelle C. Piedrabuena	Toepfer	03/07/2008	30/09/2011	5	Valores por debajo del límite de detección. Lím. cuantific. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Terminal B. Bca. (TBB)	Sitos 5, 6, 7, 8 y 9	24/01/2003	30/09/2011	44	De los 44 monitoreos, 7 arrojaron valores medibles. Lím. Cuantific. variables entre <1 y <10 µg/l	5	120	07/01/2004
Muelle CARGILL		12/04/2007	20/05/2011	5	Valores por debajo del límite de detección. Lím. de cuantific. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Dársena Pescadores		15/12/2003	11/04/2008	6	De los 6 monitoreos, 1 valor medible. Lím. Cuantific. variables entre <1 y <5 µg/l	0	110	15/12/2003
Muelle M. Carranza		07/01/2003	30/09/2011	47	De los 47 monitoreos, 5 arrojaron valores medibles. Lím. Cuantific. variables entre <1 y <10 µg/l	3	130	07/01/2004
Muelle Multipropósito		11/09/2007	20/05/2011	2	Valores por debajo del límite de cuantificación <1 µg/l	0	**	**
Muelle Profértil		30/09/2011	30/09/2011	1	Valor por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Muelle Mega		11/04/2008	20/05/2011	5	Valores por debajo del límite de detección. Límites de cuantif. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Muelle Dreyfus		20/11/2008	20/05/2011	5	Valores por debajo del límite de detección. Límites de cuantif. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Puerto Galván	Circ. de giro	12/04/2007	20/05/2011	8	Valores por debajo del límite de detección. Límites de cuantif. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Puerto Galván	Sitos 5/6/7/8	24/01/2003	30/09/2011	34	De los 34 registros, 5 arrojaron valores medibles. Lím. cuantific. variables entre <10 y <1 µg/l	0	108	27/11/2003
Puerto Galván	Sito 2/3	07/01/2003	01/04/2010	15	De los 15 registros, 4 arrojaron valores medibles. Lím. cuantific. variables entre <10 y <1 µg/l	3	120	07/01/2004
Posta Inflamables	Posta 1 y 2	06/01/2010	30/09/2011	4	Valores por debajo del límite de detección. Límites de cuantif. variables entre <5 y <1 µg/l	0	**	**
Final Canal Confluencia	S02 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1	Valor por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Final Canal Confluencia	S06 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1	Valor por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Final Canal Confluencia	S07 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1	Valor por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
Puerto Cuatros		30/09/2011	30/09/2011	1	Valor por debajo del límite de cuantificación <5 µg/l	0	**	**
<b>TOTAL REGISTROS</b>				<b>191</b>	<b>22 valores por encima del límite de cuantificación</b>	<b>11</b>		



Tabla N° 2: Síntesis de Monitoreos de Cd en sedimentos marinos del Estuario de Bahía Blanca - CGPBB  
 Límites NOAA: Efectos de Amplitud Baja (Effects Range Low - ERL): 1,2 µg/g (ppm); Efectos de Amplitud Media (Effects Range Median - ERM): 9,6µg/g (ppm)

Sector Monitoreado	Puntos de Monitoreo	Periodo de Monitoreo		N° de Registros Cd	Evaluación Resultados Cd	N° veces superado el ERL	Máximos µg/g (ppm)	Fechas Máximos
		Desde	Hasta					
Canal Principal	Cloaca Ppal. B. Bca.	07/01/2010	30/09/2011	5	De los 5 monitoreos, 4 arrojaron valores por encima del lím. de cuantific. <0,1 µg/g	1	1,2	30/09/2011
Canal Principal	Boya 32	12/04/2007	06/01/2010	5	Valores por debajo del límite de cuantificación <0,1 µg/g	0	**	**
Muelle C. Pedrabuena	Toepfer	01/04/2010	30/09/2011	6	De los 6 monitoreos, 4 arrojaron valores por encima del lím. de cuantific. <0,1 µg/g	4	3,1	20/05/2011
Terminal B. Bca. (TBB)	Sitios 5/6/7/8/9	17/05/2001	30/09/2011	46	De los 46 monitoreos, 14 arrojaron valores medibles. Lím. cuantific. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	8	3,3	20/05/2011
Muelle CARGILL		30/11/2001	20/05/2011	7	De los 7 monitoreos, 1 valor medible. Lím. cuantific. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	1	3,1	20/05/2011
Dársena Pescadores		10/10/2000	11/04/2008	11	De los 12 monitoreos, 7 arrojaron valores por encima del límite de cuantificación. Lím. variables <0,5 y <0,1 µg/g	2	2,35	10/10/2000
Muelle M. Carranza		10/10/2000	30/09/2011	65	De los 65 monitoreos, 40 arrojaron valores medibles. Límites cuantific. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	12	3,4	20/05/2011
Muelle Multipropósito		30/11/2001	20/05/2011	3	De los 3 monitoreos, 1 valor medible. Lím. cuantific. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	1	1,9	20/05/2011
Muelle Profertil		30/11/2001	30/09/2011	2	De los 2 monitoreos, 1 valor por encima del límite de cuantificación <0,5 µg/g	1	2,5	30/09/2011
Muelle Mega		30/11/2001	20/05/2011	7	De los 7 monitoreos, 1 valor medible. Lím. cuantific. Variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	1	3,4	20/05/2011
Muelle Dreyfus		20/11/2008	20/05/2011	6	De los 6 monitoreos, 2 arrojaron valores medibles. Lím. cuant. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	2	3,1	20/05/2011
Puerto Galván	Círc. de giro	05/06/2007	20/05/2011	9	De los 6 monitoreos, 2 arrojaron valores por encima del lím. de cuantific. <0,1 µg/g	2	2,7	20/05/2011
Puerto Galván	Sitios 5/6/7/8	17/05/2001	30/09/2011	36	De los 36 monitoreos, 18 arrojaron valores por encima del lím. de cuantific. <0,1 µg/g	8	3,6	20/05/2011
Puerto Galván	Sitio 2/3	17/05/2001	20/05/2011	14	De los 14 monitoreos, 5 arrojaron valores medibles. Lím. cuantific. variables entre <0,5 y <0,1 µg/g	2	1,9	20/05/2011
Posta Inflamables	Posta 1 y 2	06/01/2010	30/09/2011	4	De los 4 monitoreos, 3 arrojaron valores por encima del lím. de cuantific. <0,1 µg/g	3	3,4	20/05/2011
Petrobrás	Cl desagüe L	04/06/2009	07/11/2011	3	De los 3 monitoreos, 1 valor por encima del límite de cuantificación <0,1 µg/g	1	1,5	07/11/2011
Final Canal Confluencia	S02 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1		1	1,8	30/09/2011
Final Canal Confluencia	S06 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1		1	1,8	30/09/2011
Final Canal Confluencia	S07 Cerri	30/09/2011	30/09/2011	1		1	1,5	30/09/2011
Puerto Cuatros		30/09/2011	30/09/2011	1		1	1,9	30/09/2011
<b>TOTAL REGISTROS</b>				<b>233</b>	<b>104 valores por encima del límite de cuantificación</b>	<b>53</b>		

Tabla N°3: Descargas de efluentes industriales a Curso Superficial (Estuario de Bahía Blanca) - Límite Máximo Admitido para CADMIO <0.1 mg/l

Descargas	Período de Monitoreo		Registros Cd	Evaluación Resultados Cadmio	Nº veces superó	Máximos mg/l	Fechas de Máximos	pH
	Desde	Hasta						
CARGILL	24/01/2008	17/12/2010	19	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	<0,005	*	**
CIA MEGA	24/07/2007	24/11/2010	25	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,006	27/08/2007	8,9
PBB - EPE	07/08/2007	19/02/2010	22	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,005	19/09/2007	8,1
					0	0,005	10/04/2007	8,5
					0	0,005	30/10/2007	8,7
					0	0,005	28/12/2007	8,8
PBB - HDPE	20/08/2007	10/12/2010	16	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,005	28/12/2007	7,9
PBB - LDPE	20/08/2007	18/11/2010	14	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,005	28/12/2007	8,1
PBB - LHC I	20/08/2007	03/12/2010	25	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,005	28/12/2007	7,3
PBB - LHC II	20/08/2007	03/12/2010	23	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,005	28/12/2007	9,7
PROFERTIL	05/10/2001	17/12/2010	32	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,067	26/12/2007	8,6
REFINERÍA PETROBRÁS	20/03/2002	29/11/2010	39	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	< 0,005	*	***
SOLVAY - INDUPA	04/04/2002	18/10/2010	49	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,007	07/01/2008	7,8
TERMOELECTRICA M6	24/01/2008	07/05/2010	14	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	< 0,005	*	****
TERMOELECTRICA OLEO	29/12/2008	03/12/2010	7	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	< 0,005	*	*****
TGS SA	17/10/2007	29/11/2010	17	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	< 0,005	*	*****
<b>TOTAL REGISTROS</b>			<b>302</b>	<b>Todos los valores estuvieron siempre debajo del max. adm.</b>	<b>0</b>			

\* Los resultados de todos los monitoreos realizados en el período dieron el mismo resultado  
 \*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 7,5 y 10,3 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.  
 \*\*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 6,8 y 8,3 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.  
 \*\*\*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 7,6 y 8,9 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.  
 \*\*\*\*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 7,5 y 8,8 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.  
 \*\*\*\*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 6,7 y 10 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.

Tabla N°4: Descargas de efluentes industriales a Colector Cloacal - Límite Máximo Admitido para CADMIO <0.5 mg/l

Descargas	Período de Monitoreo		Registros Cd	Evaluación Resultados Cadmio	Nº veces superó	Máximos	Fechas de Máximos	pH
	Desde	Hasta						
AIR LIQUIDE	22/08/2007	10/11/2010	20	Siempre por debajo del máximo adm por legislación	0	0,0035	22/08/2007	*****
<b>TOTAL REGISTROS</b>			<b>20</b>	<b>Todos los valores estuvieron siempre debajo del max. adm.</b>	<b>0</b>			

\*\*\*\*\* Para el período monitoreado el pH varió entre 6,8 y 9,4 - En todas las condiciones de pH los resultados de Cd estuvieron por debajo del límite de detección.

Tabla N°5: Descargas de efluentes del Parque Industrial a Colector Cloacal - Límite Máximo Admitido para CADMIO <0.5 mg/l

Descargas	Período de Monitoreo		Registros Cd	Evaluación Resultados Cadmio	Nº veces superó	Máximos	Fechas de Máximos
	Desde	Hasta					
Parque Industrial (1)	13/04/2010	12/05/2010	6	no se detectó (Fuente: C.TE-PIM 2010)	0	no detectado	
<b>TOTAL REGISTROS</b>			<b>6</b>		<b>0</b>		

(1) Se recuerda que el Parque Industrial, con sus 106 industrias, no pertenece al Polo Petroquímico, pero se encuentra emplazado en el área de la Ley Pcia. Bs. A.s. N° 12530

### Estudios sobre el ex basural Belisario Roldán en la planicie de inundación del estuario

Como la lixiviación del ex basural es una descarga difusa, no puntual, la referencia de monitoreo para esta fuente son los análisis en aguas superficiales y en sedimentos realizados por el IADO en la estación E6-Canal Maldonado. Como ya se mencionó precedentemente, este punto de monitoreo presenta una tendencia sostenida en los valores de Cd disuelto en agua y sedimentos superficiales. (Figuras N° 6 a 8)

Es válido volver a recordar la advertencia respecto a que la presencia de este metal disuelto, al momento del monitoreo, es indicadora de ingreso reciente al sistema.

El ex basural fue depósito de residuos durante más de 30 años y habiendo sido clausurado en 1992, aún recibe vuelcos clandestinos. Su lixiviación es permanente y favorecida por la constante inundación, lo que podría constituir un ingreso difuso y permanente al sistema. A partir del presente estudio, el CGPBB ha incorporado un nuevo punto de monitoreo en dicha área, denominado Extremo Club Almirante Brown (Figura N°4), a fin de confirmar los resultados obtenidos por el IADO y el CTE, con resultados que a la fecha de presentación de este documento, no se encuentran disponibles.

### **Estudios sobre el Arroyo Napostá**

Los resultados de Cd disuelto en agua superficial del Arroyo Napostá, realizados sobre tres puntos de monitoreo, dieron inferiores al límite de cuantificación del método (0,005 mg/l) y en sedimentos, en los dos puntos seleccionados, también resultaron inferiores al límite de cuantificación (0,1 µg/g peso seco) y por debajo de los valores establecidos por la NOAA.

### **Estudios sobre el Río Sauce Chico**

En la campaña realizada en septiembre/08 al cauce del Río Sauce Chico el Cd disuelto en agua se encontró por debajo del límite de detección de 0,005 mg/l. El río se muestreó en condiciones de régimen rutinario de caudal.<sup>[1]</sup>

### **Cenizas volcánicas**

Dado que la actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de Cd a la atmósfera, y que las cenizas son transportadas por el viento a grandes distancias, no se debería descartar el aporte de Cd a través de las cenizas del Volcán Chaintén que en el año 2008 arribaron al estuario bahiense. Montenegro, R. (2011)<sup>[7]</sup> advierte que muestras de dichas cenizas contenían trazas de cobalto, cobre, cromo, molibdeno, níquel, plomo, cadmio y uranio. La investigación realizada no pudo confirmar el contenido de Cd en cenizas del Volcán Puyehue.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

De lo evaluado en las aguas del estuario, surge que las estaciones con valores más significativos de Cd disuelto en aguas superficiales son la E3 (Ingeniero White) y la E6 (Canal Maldonado), estando los mismos por debajo de los valores guía de Exposición Crónica de la NOAA, con tendencia sostenida. En cuanto a los análisis en sedimentos, las estaciones con mayor concentración corresponden a E2 (Descarga Cloacal Principal Bahía Blanca), E4 (Puerto Galván) y E7 (Puerto Cuatros), evidenciándose un ligero incremento (estadísticamente no significativo) hacia las estaciones interiores del estuario. Se debe tener en cuenta que la aparición de Cd en agua implica el ingreso reciente en el lugar, en cambio su presencia en sedimentos, dada la movilidad de los mismos, no necesariamente se relaciona con la proximidad de la fuente emisora.

Si bien fueron analizados los períodos de dragado para las distintas zonas del estuario, durante los años 2004 al 2010, no se pudo verificar un correlato con los resultados de Cd disuelto en agua y en sedimentos.

Respecto a las estaciones con valores más significativos de Cd, se considera conveniente:

- Hacer un seguimiento en la Estación E3 (Ingeniero White) relacionada con la descarga cloacal de la Planta Depuradora de Ing. White, cuyos efluentes han sido últimamente derivados a la Planta Depuradora Principal de Bahía Blanca, a fin de verificar si los valores obtenidos se vinculaban con dicha descarga cloacal. De la misma manera en el futuro intensificar los monitoreos en la Estación E2 (Descarga Cloacal Principal Bahía Blanca), pues si los efluentes derivados no reciben el tratamiento adecuado, es posible que en el futuro la tendencia en esta última estación, sea positiva.
- Intensificar los monitoreos en la Estación E6 (Canal Maldonado), que evidencia valores detectables de Cd en agua. Esta estación se encuentra cercana al ex Basural Belisario

Roldan, ubicado en la planicie de inundación del estuario y sus lixiviados constituyen una contaminación difusa que amerita un seguimiento especial.

En cuanto a peces, sería conveniente continuar con la investigación sobre el contenido de Cd, particularmente en pescadilla común, pues si bien no fueron superados los estándares internacionales, se han detectado niveles anómalos de este elemento. Asimismo, se debería legislar sobre este aspecto, ya que no existen estándares nacionales, provinciales o locales.

De los monitoreos a los efluentes líquidos industriales del Polo Petroquímico y Área Portuaria, no se obtuvieron valores de Cd superiores al límite máximo establecido por la legislación vigente para vuelco, encontrándose además por debajo del límite de detección.

Se considera que no se justifica seguir realizando análisis de Cd disuelto en agua para sólo informar que los resultados se encuentran bajo el límite de cuantificación, salvo en aquellas industrias en las que exista certeza de utilización de Cd en el proceso, en cuyo caso, para confirmar la existencia del mismo, debería bajarse dicho límite.

Es recomendable asignar esfuerzos y presupuestos a intensificar los análisis en sedimentos; pues como se mencionó, la movilidad del Cd en los ambientes acuáticos depende del pH, dureza, niveles de materia suspendida, potencial redox, salinidad y además en el agua natural, su biodisponibilidad se reduce a través de la absorción de partículas en suspensión.

Dado que la bibliografía soporta la hipótesis de que las industrias de PVC, así como las refinerías, son posibles generadoras de Cd en sus efluentes, se debería seguir indagando en estas fuentes. Asimismo, como el estearato de Cd se emplea para mejorar la estabilidad de materiales de PVC frente a la luz y a los agentes atmosféricos, se deberían intensificar los análisis en los efluentes de las industrias que lo generan, especialmente en las que colorean el PVC. El óxido de Cd se usa como catalizador para la hidrogenación y síntesis del metano y para la fabricación de esmaltes y en sinterización.

También se recomienda realizar más controles sobre los efluentes de empresas relacionadas con la fabricación y/o rectificación de acumuladores ubicadas tanto en el Parque Industrial como al interior del ejido urbano de Bahía Blanca.

Respecto a los resultados de análisis realizados sobre el Arroyo Napostá, surge que el mismo no es aportante de Cd al estuario. No obstante ello, dado que son pocos los registros para considerarlos estadísticamente representativos y que la cuenca alta del Arroyo Napostá es un área agrícola donde se hace uso de fertilizantes, se sugiere confirmar estos resultados.

Al relevar todas las descargas al estuario, no se pudo obtener resultados de análisis realizados sobre algunas fuentes (ej. Canal Maldonado Aliviador del Arroyo Napostá; Saladillo de García aguas arriba; pluviales, etc). Se considera necesario sondear si existen resultados de análisis de Cd realizados por alguna institución o bien realizar monitoreos al respecto, para determinar si existen contaminaciones difusas.

Es necesario intensificar el monitoreo de los efluentes cloacales (en agua y sedimentos) tanto de la descarga de la Cuenca Principal de Bahía Blanca, como de la Tercera Cuenca. Esto permitirá determinar la necesidad de realizar un relevamiento de industrias al interior del ejido urbano cuyos efluentes puedan contener Cd y que estén volcando a la red colectora, sin dar cumplimiento a la legislación vigente. Identificadas las industrias cuyos efluentes pudieran contener Cd, las mismas deberían ser geoposicionadas para determinar la cuenca colectora cloacal a la cual aportan.

El vacío de información respecto a monitoreos sobre ambas plantas depuradoras cloacales (por no existencia o por no disponibilidad pública de los resultados) debería ser resuelto, pues muestra que la intensa acción de control ejercida sobre las industrias no se corresponde con el mínimo control a los efluentes urbanos.

La lixiviación difusa del ex basural Belisario Roldan, ubicado en la planicie de inundación del estuario, debería ser controlada mediante monitoreos específicos en agua y sedimentos, pues es la que implica mayor compromiso. De certificarse que la mayor concentración de Cd y otros metales, tiene su procedencia en este pasivo ambiental, surgiría el desafío de su remediación de acuerdo a lo que establece la Ley Pcia. Buenos Aires N° 13592 – Ley Gestión Integral de

Residuos Sólidos Urbanos (ley que tiene pendiente la reglamentación respecto a las condiciones de pos cierre de los basurales).

Además, de acuerdo a la Ley Pcia. Buenos Aires Nº 14321, que establece las pautas, obligaciones y responsabilidades para la gestión sustentable de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se debería arbitrar los medios para evitar que se sigan tirando dichos residuos en el ex basural o en basurales espontáneos, impulsando mediante incentivos, la reutilización y/o reciclado de estos aparatos. Si bien a nivel municipal se realizan campañas de recolección de estos equipos, no se hace en forma masiva y se siguen detectando vuelcos clandestinos, tal vez por desconocimiento de los riesgos que esto implica para el ecosistema.

Al avanzar en la investigación, se pudo comprobar que distintas instituciones públicas y privadas realizan análisis en agua y sedimentos del estuario (en los que se incluye el Cd), resultados que se encuentran disponibles, por lo que sería conveniente aunar esfuerzos para lograr una base de datos común que permita relacionarlos. Se debería tender a lograr que la información pública esté disponible en forma fehaciente, esto obligaría a que la misma se mantenga validada, mediante una metodología estandarizada de información, que no dependa de criterios personalistas.

Surge como inquietud la necesidad de avanzar en una legislación con parámetros guía de Cd en agua y sedimentos marinos para el Estuario de Bahía Blanca, dado que no existen normas o niveles guías nacionales, provinciales o locales.

Sintetizando, el estudio no pudo determinar una fuente como única causante de la contaminación o determinante de la aparición de Cd, salvo identificar como más significativas la descarga difusa del ex basural y las descargas puntuales de los efluentes cloacales, por lo que se considera necesario indagar más sobre las mismas.

Como conclusión importante, se debe mencionar que de todos los resultados evaluados de las descargas industriales y urbanas, en ningún caso se superaron los valores admisibles establecidos por la legislación vigente.

Queda pendiente evaluar el tipo de agroquímicos utilizados en las cuencas de los Arroyos Napostá y Saladillo de García, así como del Río Sauce Chico, a fin de evaluar si los mismos son fosfatados y en tal caso indagar sobre concentraciones de Cd en sus aguas y sedimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] **MUNICIPALIDAD DE BAHIA BLANCA** – Comité Técnico Ejecutivo. *Programa Integral de Monitoreo (PIM 2009 y 2010) – Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca*. Ver Informes Medioambientales en:

[http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/informes\\_medamb.php](http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/informes_medamb.php)

[2] **INSTITUTO ARGENTINO DE OCEANOGRAFÍA – UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR** (2008 y 2009). *Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca - Informe Final*. Bahía Blanca. Argentina. En:

[http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/doc/inf09\\_quimicamarina.pdf](http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/doc/inf09_quimicamarina.pdf)

[3] **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA** - Grupo Estudio de Ingeniería Ambiental (2011). *Análisis de viabilidad ambiental - Proyecto Regasificadora y Dragado en Puerto Cuatrerros*. En:

[http://www.frbb.utn.edu.ar/home/images/informe\\_final\\_defensoria\\_publica.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/home/images/informe_final_defensoria_publica.pdf)

[4] **PNUMA** – Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2010). *Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe*. United Nations Environment Programme (UNEP). En:

[http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead\\_Cadmium/docs/Trade\\_Reports/LAC/Trade\\_report\\_LAC\\_Spanish\\_and\\_English.pdf](http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Trade_Reports/LAC/Trade_report_LAC_Spanish_and_English.pdf)

[5] **CEPIS**. *Manual Instrucción a la toxicología de la contaminación del aire*. En:

[http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_toxair/frame\\_t.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_toxair/frame_t.html)

[6] **INFOJUS** - Sistema Argentino de Información Jurídica. En: <http://www.infojus.gov.ar/>

[7] **MONTENEGRO, R.** (2011). *Las cenizas volcánicas no son inofensivas - Informe completo*.

<http://fernandoberdugo.blogspot.com.ar/2011/07/las-cenizas-volcanicas-no-son.html>

## OLGA CIFUENTES

### *Graduada de:*

- ✓ **Ingeniera Civil.** En Universidad Nacional del Sur – Argentina.
- ✓ **Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental.** En Universidad Nacional de Buenos Aires – Argentina.
- ✓ **Magíster en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano.** En Universidad de Mar del Plata, Facultad de Arquitectura - Argentina.
- ✓ **Experto en Diseño y Cálculo de Infraestructuras Hidráulicas Municipales.** En Universidad Internacional de Andalucía. Sevilla – España.

### *Actividades docentes:*

- ✓ Profesora Adjunta Ordinaria - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca. A cargo de las materias: Ingeniería Sanitaria - Identificación Impactos Ambientales en Obras de Ingeniería Sanitaria - Tratamiento de Aguas Salobres y Marinas.
- ✓ Directora del Proyecto: **“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del polo petroquímico y área portuaria de Bahía Blanca”.** UTN - FRBB - GEIA.
- ✓ Miembro del Proyecto Investigación: **“Conflictos y Política de Gestión del Agua. Gobernanza Territorial y Desarrollo en torno a la Crisis del Recurso.”** UTN - FRBB - GEIA.

### *Categorización docente investigador:*

- ✓ Categorización Carrera de Docente Investigador Universidad Tecnológica Nacional: Categoría B – Coordinador Principal – Rama de Actividad Gestor de Tecnología.
- ✓ Categorización Programa de Incentivos a Docentes Investigadores de Universidades Nacionales: Categoría IV.

## DANIELA ESCUDERO

### *Graduada de:*

- ✓ **Ingeniera Civil.** En Universidad Nacional del Sur – Argentina.
- ✓ **Máster en Ingeniería de Puertos y Costas.** Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) - Ministerio del Fomento. Madrid - España.

### *Actividades docentes:*

- ✓ Profesora Adjunta Ordinaria - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca. Asignatura: Vías de Comunicación II
- ✓ Profesora Adjunta Interina - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca. Asignatura: Obras para la Navegación Fluvial.
- ✓ Asistente Ordinaria - Universidad Nacional del Sur. Asignatura: Puertos y Vías Navegables.
- ✓ Co-Directora del Proyecto: **“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del polo petroquímico y área portuaria de Bahía Blanca”.** UTN - FRBB - GEIA.
- ✓ Integrante del Proyecto Investigación: **“Análisis del potencial de Puerto Rosales y su funcionalidad dentro del complejo portuario de la Bahía Blanca en el contexto del sudoeste bonaerense.”** UTN - FRBB - GEPC.

### *Categorización docente investigador:*

- ✓ Categorización Carrera de Docente Investigador Universidad Tecnológica Nacional: Categoría D – Desarrollista Asociado – Rama de Actividad Investigación Tecnológica e Ingeniería.
- ✓ Categorización Programa de Incentivos a Docentes Investigadores de Universidades Nacionales: Categoría V.