

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. <http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 6, Número 6, 2014, Sección II: Metodología. pp. 64-76

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PLOMO EN CUENCAS COLECTORAS URBANAS

Daniela Escudero, Silvina Medus, Olga Cifuentes y Betina Devoto
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca
11 de Abril 461 – (8000) Bahía Blanca
E-mail: daniela_escudero@yahoo.es
E-mail: silvina_medus@yahoo.com.ar
E-mail: ocifuentes@speedy.com.ar

RESUMEN

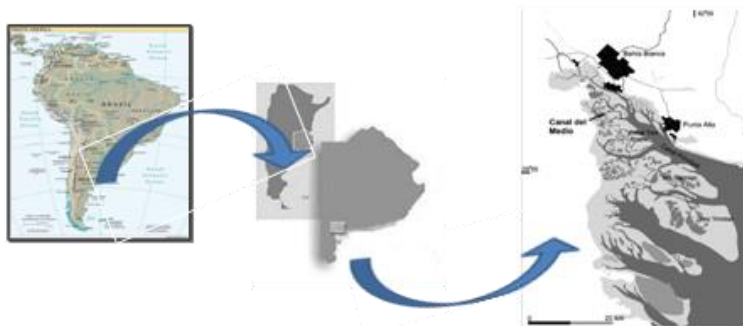
A partir de la detección de metales disueltos en agua del estuario bahiense, en estaciones próximas a las dos descargas cloacales de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, República Argentina), se propone una metodología apoyada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para indagar sobre el origen de los mismos en el interior del ejido de la ciudad. El método es aplicado a los resultados de plomo (Pb) disuelto en agua, pudiendo ser replicado para otros metales. En primera instancia, se evalúan los resultados de análisis de Pb en las estaciones del estuario y en las distintas descargas industriales y urbanas, puntuales y difusas. Se realiza un marco teórico sobre este metal a fin de poder individualizar la procedencia del mismo. En un SIG se geoposicionan las estaciones de monitoreo del estuario, las descargas cloacales, y todas las industrias del ejido urbano. Posteriormente, mediante un análisis con el SIG apoyado en el marco teórico, se identifican las posibles industrias y estaciones de servicio aportantes de Pb a través de sus efluentes, asociándolas a las cuencas cloacales. Como resultado se identifican las posibles fuentes de Pb sobre el área urbana que aportan a las distintas cuencas colectoras cloacales, en las que se deberían focalizar los monitoreos para confirmar la presencia de Pb, como apoyo a la gestión, a fin de minimizar el impacto ambiental.

Palabras Claves: Plomo, Cuencas Colectoras Urbanas, Estuario, SIG.

INTRODUCCIÓN

La Ley Provincia de Buenos Aires N° 12.530/01 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 las descargas de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria, localizada al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina (Figura 1).

Figura 1 - Ubicación del Estuario de Bahía Blanca



A partir de los resultados de plomo (Pb) disuelto en agua que surgen de los monitoreos mencionados, se genera la investigación que pretende avanzar en una metodología apoyada en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para indagar la procedencia en el interior del ejido urbano, del Pb que aparece en las dos estaciones del estuario cercanas a las descargas cloacales. Metodología que podría ser replicada para otros metales.

METODOLOGÍA

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

Posteriormente, se realiza una revisión bibliográfica a nivel nacional e internacional, a fin de contar con un marco teórico actualizado sobre Pb: origen, efectos sobre la salud y el medioambiente, fuentes y productos que lo contienen.

Para la implementación del SIG, se conforman distintas capas dentro del área de estudio, las que se detallan a continuación:

- **Estaciones del monitoreo sobre el estuario bahiense:** E1- denominada Boya 24 hasta 2011 y Boya 26 en el 2012; E2-Descarga Cloacal Principal Bahía Blanca; E3-Puerto Ingeniero White; E4-Puerto Galván; E5-Descarga Colector Polo Petroquímico; E6-Descarga Canal Maldonado; E7-Puerto Cuatrerros; E8-Proximidades Descarga Cloacal Tercera Cuenca.[1][2] (Figura 2).
- **Descargas Industriales:** contiene las descargas de las industrias del Polo Petroquímico y Área Portuaria (Refinería Petrobrás; PBB Polisor con sus Plantas EPE, LHC I, LHC II, LDPE, HDPE y LLDPE-Barcaza; Transportadora Gas del Sur TGS; Solvay Indupa; Air Liquide Argentina; Profertil; Mega; Central Termoelectrica Luis Piedrabuena con sus descargas Termo Oleo y Termo M6; Cargill).[1] (Figura 3).
- **Plantas Depuradoras Cloacales:** ubica las plantas depuradoras cloacales, que no coinciden geográficamente con los puntos de vuelco de sus respectivas descargas en el estuario. (Figura 3).

- **Descargas Cloacales:** localiza sobre el estuario los puntos de vuelco de los efluentes urbanos de las dos plantas depuradoras actualmente operativas en Bahía Blanca (Cuenca Principal y Tercera Cuenca).[1] (Figura 3).
- **Cuencas Cloacales:** contiene los polígonos que delimitan dentro de la ciudad de Bahía Blanca, a las cuencas de aporte de efluentes urbanos derivados a las distintas plantas depuradoras cloacales. (Figura 6).
- **Descargas naturales y antrópicas:** contiene los trazados del Río Sauce Chico, Arroyos Napostá Grande y Saladillo de García, Canal Aliviador Maldonado, Ex Basural Belisario Roldán (descarga difusa), Canal Colector Polo Petroquímico. (Figura 2 y 3).

Posteriormente, se cargan los registros de Pb disuelto en agua detectados en cada estación de monitoreo del estuario y a fin de evaluar los niveles de concentración de este metal, se comparan los resultados con los niveles de referencia de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de los EEUU (NOAA) y con los niveles guía de la Ley Nacional N° 24.051/91 de Residuos Peligrosos.

La NOAA establece para Pb disuelto en agua superficial valores de Exposición Crónica de 8,1 µg/l y Exposición Aguda de 210 µg/l.[3]. La definición de Exposición Aguda para Pb 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 (4 días), no brindando niveles de concentración de referencia para mayores períodos de concentración. Debido a las características del diseño del monitoreo sobre el estuario bahiense, 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, se utiliza como referencia el valor de Exposición Crónica, que es menor, correspondiendo a un criterio de comparación más conservador.[1]

Figura 2 - Estaciones de Monitoreo sobre el Estuario

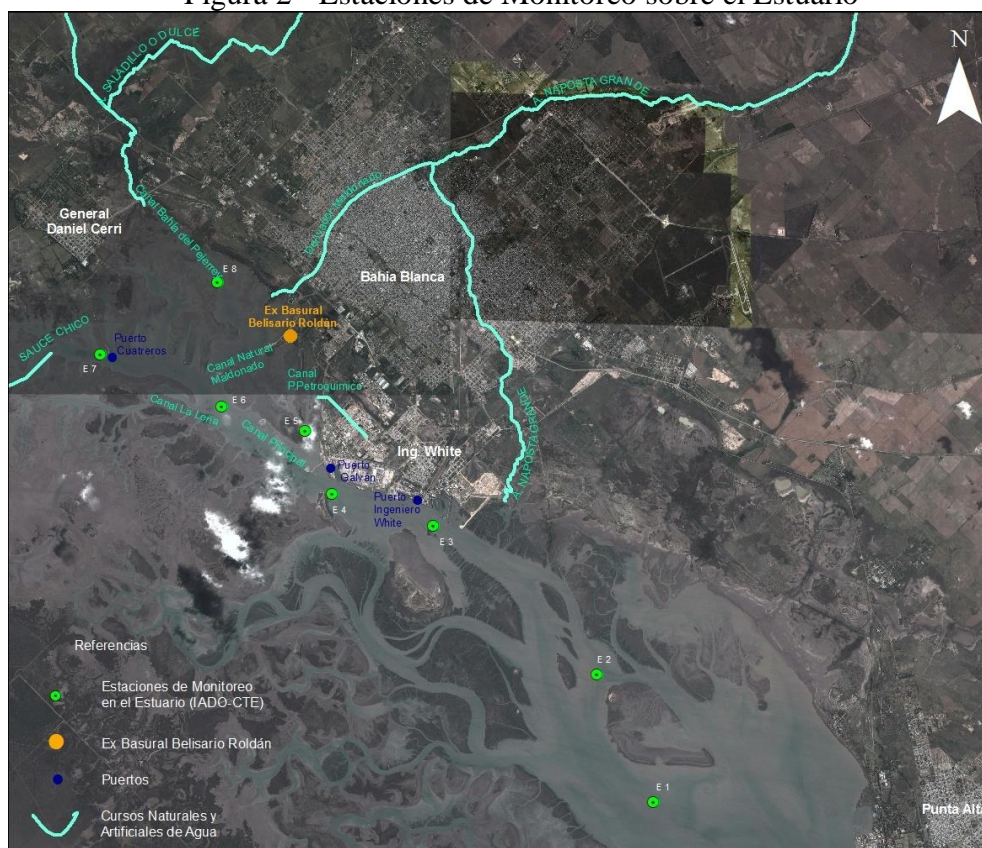


Figura 3 - Descargas naturales y antrópicas en el Estuario de Bahía Blanca



La Ley Nacional N° 24.051/91, reglamentada por el Decreto N° 831/93, establece como nivel guía de Pb para protección de la vida acuática en agua salada superficial el valor de 10 µg/l. Se proponen para cada estación radios de influencia conservadores (aprox. de 3 Km), a fin de relacionar visualmente las descargas industriales o cloacales más próximas a las estaciones en estudio, sin dejar de considerar que la presencia del Pb disuelto en agua es relativamente efímera. A la fecha de presentación de este trabajo, se encuentra en evaluación el área definitiva cubierta por estos radios, para justificar su adopción, en función de las corrientes y movimientos de marea. En este caso, se focaliza en las estaciones E2 y E8, por su cercanía a las descargas urbanas. Se identifican además, dentro del área de influencia, otras posibles fuentes aportantes de Pb, pues la presencia de este metal puede no deberse sólo a las descargas cloacales.

Se observa como única descarga próxima al radio de la estación E2, la Descarga Cloacal Cuenca Principal Bahía Blanca (que recibe los aportes de Air Liquide y de la Planta Depuradora de Ingeniero White, cuyos efluentes le son derivados) y dentro del radio de la estación E8, la influencia de las descargas de TGS (a través del Arroyo Saladillo de García), Cloacal Tercera Cuenca, Canal Derivador Maldonado y ex basural Belisario Roldán.

Para evaluar si las concentraciones de Pb de las descargas de los efluentes urbanos cumplen con la legislación vigente, se comparan según corresponda, con los máximos establecidos para vuelco a curso de agua superficial, así considerado el estuario. Según Decreto N° 336/03 y Ley Provincia de Buenos Aires N° 11.820 las concentraciones deben ser: $Pb \leq 0,1 \text{ mg/l}$.

Si bien se ha detectado Pb en las dos descargas cloacales, el número de monitoreos de ambas no es representativo. Por tal motivo, se decide profundizar indagando en las descargas internas al ejido urbano, a fin de detectar si existen posibles fuentes aportantes.

Mediante un listado de las distintas industrias de la ciudad provisto por el Municipio, se crea inicialmente, una base de datos de 949 registros. La misma contiene información sobre la razón

social de cada industria, su expediente municipal, fecha de inicio y vencimiento de habilitación, domicilio, rubro o actividad comercial, y categoría.

De esta base de datos, se seleccionan aquellas industrias posibles aportantes de metales al sistema cloacal, con apoyo de un marco teórico general sobre los mismos, considerando fuentes y productos que los contienen. Posteriormente, con un listado más reducido de 290 industrias que podrían aportar metales ya geoposicionadas, y el de las estaciones de servicio de la ciudad, se procede a la carga en el SIG. En esta etapa se incorporan las siguientes capas (Figura 5):

- Las 290 industrias que podrían aportar metales.
- Las estaciones de servicio de la ciudad, en funcionamiento y las no operativas, ambas posibles aportantes de Pb al sistema.

Para realizar esta carga se utiliza la geocodificación automática, proceso que basado en el domicilio de cada industria la geoposiciona automáticamente, minimizando los posibles errores de ubicación. Las direcciones pueden aparecer en distintos formatos. El formato más conocido es el nombre de la calle seguido del número y otra información relacionada con la localidad, como el código postal. Para usar este geocodificador se adapta el formato del domicilio al formato predefinido por el SIG. Un 8,6% del total de las industrias se ubicaron manualmente por tener domicilios no estándares.

Así, se obtiene un mapa completo que contiene las industrias, las estaciones de servicio, las estaciones de monitoreo, las descargas y las cuencas cloacales.

Con apoyo de la información del marco teórico sobre fuentes y productos que contienen Pb, se identifican aquellas industrias que podrían aportar específicamente este metal al sistema.

Por último, se asocian las industrias a las cuencas cloacales mediante el uso de una función de geoproceto (spatial-join) que permite identificar qué industrias aportan sus efluentes a cada cuenca (Figura 6).

Del procesamiento y análisis de resultados, se desprenden las consideraciones y recomendaciones finales, mostrando cómo las Tecnologías de Información Geográfica pueden convertirse en una herramienta de apoyo para la gestión ambiental.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Bahía Blanca está geográficamente ubicada sobre la costa del Océano Atlántico a los 38° 44' de latitud Sur y a 62° 16' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

El último Censo Nacional 2010 arrojó una población para el Partido de Bahía Blanca de 301.572 habitantes. El nivel de urbanización alcanzó un 98.5%, lo que indica que prácticamente el total de la población se encuentra en áreas urbanas. La red pública de distribución de agua potable del Partido de Bahía Blanca cubre aprox. el 96 % de hogares. Los desagües domiciliarios son enviados a la red pública sanitaria que cubre aprox. el 80,4 % de hogares [4], para ser transportados a dos plantas depuradoras según la cuenca colectora a la que derivan. Dichas plantas, vuelcan los efluentes al Estuario de Bahía Blanca, que incluye un canal principal, marismas bajas y planicies separadas entre sí por canales y un conjunto de islas.

En proximidades de la cabecera del estuario, sobre la costa norte, conviven además de la ya mencionada ciudad, las localidades de General Cerri, Ingeniero White, una Reserva Natural, un balneario municipal, un Polo Petroquímico, un Parque Industrial 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 (fuera del área de estudio), 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). [5]

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 las fuentes de agua dulce, naturales o artificiales, puntuales y difusos, los que se muestran en la Figura 3 y se enuncian desde el interior hacia el exterior del estuario:

- Río Sauce Chico, que se dirige a su desembocadura en el estuario, atravesando quintas.
- Arroyo Saladillo de García, que recibe las descargas de TGS
- Descarga puntual de la Planta Depuradora de la Tercera Cuenca Cloacal.
- Canal artificial Maldonado, aliviador del Arroyo Napostá, que recoge desagües pluviales y recibe efluentes domiciliarios e industriales clandestinos.
- Ex basural de la ciudad denominado Belisario Roldán, ubicado en las planicies de inundación del estuario, que pese a no estar operativo, no ha sido saneado y sus lixiviados presentan una descarga difusa.
- Canal Colector del Polo Petroquímico, considerado cuerpo receptor de agua superficial, 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 (con un vuelco unificado de las plantas de craqueo LHC I y LHC II y las descargas de las plantas EPE, LDPE y HDPE).
- Descargas de las empresas Petrobrás, PBB Polisur (Planta LLDPE-Barcaza, con vuelco discontinuo), Mega, Profertil, Cargill (a partir abril de 2005, pues antes volcaba a la red cloacal) y Central Termoeléctrica Piedrabuena.
- Arroyo Napostá que transita con dirección N-S, atravesando la ciudad, hasta su desembocadura en el estuario.
- Descarga puntual de la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca, que a su vez recibe la descarga de Air Liquide, de otras industrias radicadas en el Parque Industrial y ejido urbano, así como la derivación de la Planta Depuradora Cloacal de Ingeniero White (no operativa).

MARCO TEÓRICO

Se sintetiza la información contenida en PNUMA (2010)[6] sobre Pb, necesaria para identificar la procedencia de este metal y la importancia de su detección.

Plomo

El Pb en su forma elemental es de color blanco plateado y se vuelve de color gris azulado cuando se expone al aire. Sus propiedades incluyen: un bajo punto de fusión, alta densidad, facilidad de fundición, baja resistencia, maleabilidad, resistencia a los ácidos y a la corrosión. En la naturaleza se encuentra con otros minerales como zinc, plata y cobre y se lo extrae junto con estos metales. La minería produce más del 90% del consumo mundial actual de Pb y el reciclaje representa alrededor del 10% restante.[6]

Efectos sobre la salud

El Pb es tóxico aún a muy bajos niveles de exposición y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud. Es una sustancia que puede causar daños en el sistema neurológico, cardiovascular,

renal, gastrointestinal, hematológico y reproductivo. La exposición a corto plazo a altos niveles de Pb puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma e incluso la muerte. La exposición a largo plazo (exposición crónica) en los seres humanos, da lugar a efectos sobre la sangre, el sistema nervioso central, la presión arterial y los riñones. La exposición de niños está relacionada con una disminución del coeficiente intelectual. El sistema nervioso es el sistema más sensible a la exposición al Pb [6].

Efectos al medio ambiente

En general, las aguas subterráneas contienen bajas concentraciones de Pb. La movilidad de Pb en el suelo depende de su pH y de la materia orgánica. En general la relativa inmovilidad de absorción de Pb en el suelo disminuye su biodisponibilidad para los seres humanos y la vida terrestre. Los compuestos orgánicos de Pb pueden bioacumularse en plantas y animales. El Pb se bioacumula en los organismos, en particular, en la biota que se alimenta principalmente de partículas, pero la biomagnificación de Pb inorgánico en la cadena alimentaria acuática no es aparente, pues los niveles de Pb, así como los factores de bioacumulación, disminuyen en el nivel trófico. Esto se explica en parte por el hecho de que en los vertebrados, se almacena principalmente en el hueso, que reduce el riesgo de transmisión de conducir a otros organismos en la cadena alimentaria. La distribución de Pb en los animales está estrechamente relacionada con el metabolismo del calcio. La absorción de Pb en peces alcanza el equilibrio sólo después de varias semanas de exposición. Se acumula principalmente en branquias, hígado, riñón y hueso. [6]
El Pb es altamente tóxico para las aves cuando se ingiere como perdigones.[6]

Fuentes que contienen Pb

El Pb se encuentra en el ambiente en forma natural. Sin embargo, la mayoría de los niveles altos se originan en actividades humanas. Este metal puede entrar al ambiente a través de liberaciones de minas de Pb y otros metales, y desde fábricas que lo manufacturan o usan en aleaciones o compuestos. El Pb es liberado al aire cuando se quema carbón, petróleo o desechos. Una vez en la atmósfera, puede viajar larga distancia si las partículas son muy pequeñas. Es removido del aire por lluvias; las partículas caen sobre el suelo y las aguas superficiales.

Otra fuente que lo incorpora al suelo es el desgaste y desprendimiento de pinturas con Pb desde edificios, puentes y otras estructuras. Los vertederos pueden contener desechos con Pb proveniente de la manufactura de municiones o de otras actividades industriales como la elaboración de baterías. Los usos de este metal en el pasado, por ejemplo en gasolina, son una de las causas principales de su presencia en suelo.

Una vez que cae al suelo, se adhiere fuertemente a las partículas y permanece en la capa superior. Pequeñas cantidades de Pb pueden entrar a ríos, lagos y arroyos cuando el suelo es movilizado por el agua de lluvia. También pueden liberarse al agua desde cañerías o soldaduras cuando ésta es ácida o blanda. Puede permanecer adherido a partículas del suelo durante muchos años. Su movilización desde partículas de suelo hacia el agua subterránea es improbable a menos que la lluvia sea ácida o blanda y dependerá del tipo de sal y de las características físicas y químicas del suelo.[6]

Productos que contienen Pb

El principal uso de Pb es en baterías (aprox. 75%). Otras áreas de aplicación importantes son los compuestos de Pb (8%), láminas para techado de viviendas (5%), municiones (2%), aleaciones (2%), revestimiento de cables (1,2%) y aditivos de gasolina (menos del 1%). El uso de Pb como pigmento en pinturas y barnices para cerámicas se ha interrumpido en los países desarrollados, pero se sigue utilizando en algunos países en desarrollo, especialmente en entornos industriales. El uso

en balas y proyectiles como en plomadas de cañas de pescar también se ha reducido debido al daño que causa al ambiente.

Los compuestos de este metal se utilizan principalmente en la producción de Pb rojo por ser resistente a la corrosión, pero también para fabricar pigmentos, tubos de rayos catódicos, de cristal, estabilizadores de PVC, cerámica y esmaltes. Además, se utiliza en: metal base tradicional de tubos de órgano, soldaduras para electrónica, electrodos para electrólisis, vidrios para pantallas de ordenadores y televisores y en salas de rayos X (como escudo contra la radiación).[6]

RESULTADOS DE MONITOREOS

La detección de Pb disuelto en agua es indicador de ingreso reciente de este metal al sistema [2], por ello, su aparición en las estaciones del estuario podría estar indicando la existencia de fuentes cercanas que lo estarían aportando.

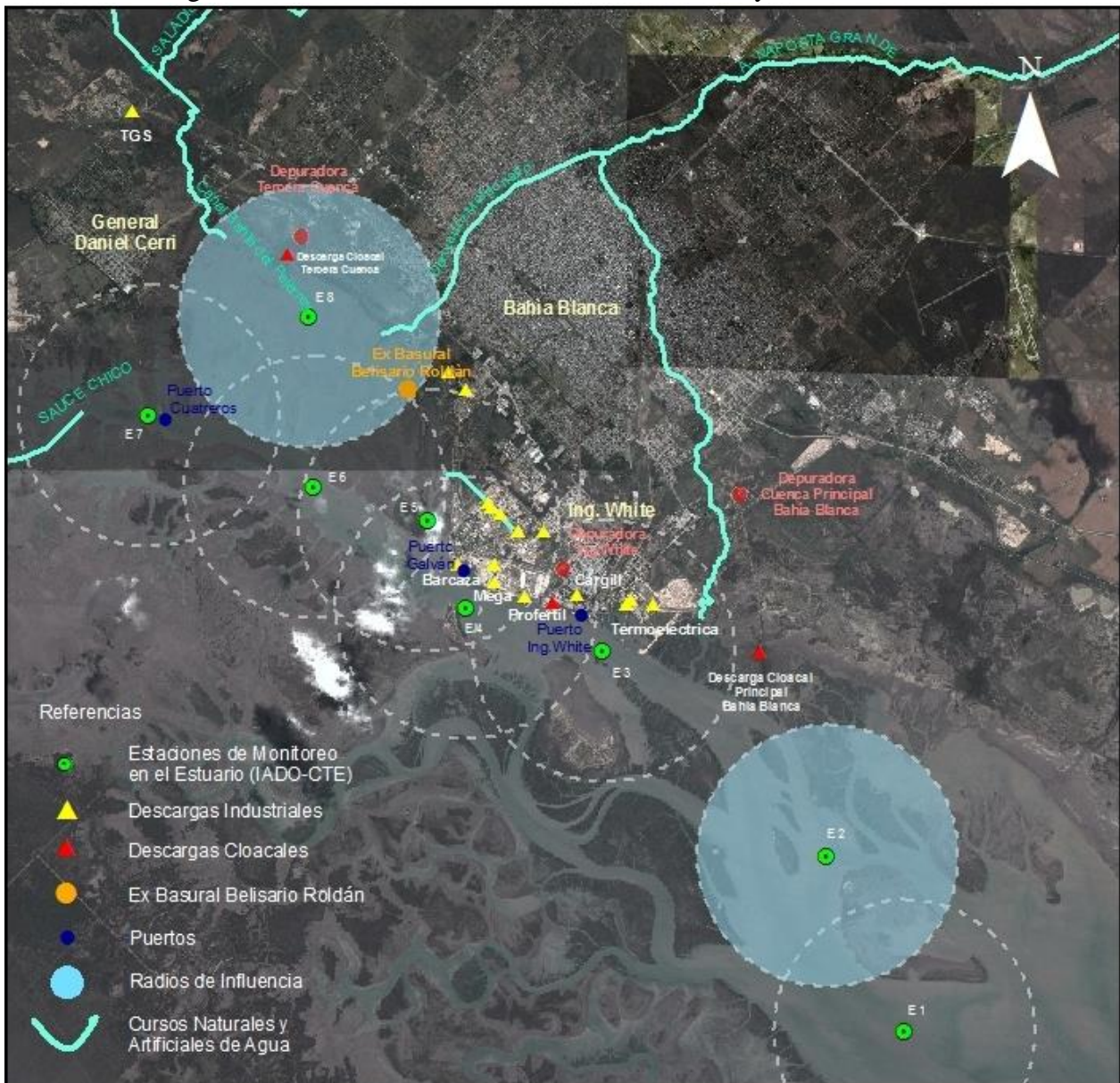
En la Tabla 1 se muestran los resultados más significativos de análisis de este metal disuelto en aguas del estuario de Bahía Blanca, detectados durante el período 2008-2011. De la misma, se desprende que en todas las estaciones en alguna oportunidad se han dado máximos que superan el valor de Exposición Crónica de la NOAA y/o el Nivel Guía para protección de la vida acuática en agua salada superficial del Decreto N°831/93 (Ley Nacional N° 24.051/91).

Tabla 1 - Máximos detectados de Pb disuelto en agua del estuario

Coordenadas Geográficas			38°52'34,5"S 62°10'59,2"O	38°50'24,9"S 62°12'14,0"O	38°47'54,1"S 62°15'48,6"O	38°47'22,7"S 62°18'00,2"O	38°46'12,0"S 62°20'29,4"O	38°45'54,1"S 62°20'25,2"O	38°45'01,7"S 62°23'02,9"O	38°44'50,7"S 62°19'54,7"O	
Valor de Referencia (NOAA)		Decreto N° 831/93	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Exposición Aguda	Exposición Crónica	Protección vida acuática agua salada superficial	Estaciones del Estuario	Boya 24	Proximidades de desagüe cloacal Cuenca Principal	Puerto Ingeniero White	Puerto Galván (Círculo de Giro)	Prox. Descarga Canal Polo Petroquímico	Canal Maldonado	Puerto Cuatros	Prox. Descarga Tercera Cuenca
210 µg/l	8,1 µg/l	10 µg/l	Pb disuelto en agua (µg/l)	10,14 (IADO 2011) Fuera del Área de Estudio	9,93 (IADO 2011) 9,39 (IADO 2011)	11,81 (IADO 2011) 8,27 (IADO 2011)	13,69 (IADO 2011) 12,75 (IADO 2011)	10,28 (2009- PIM Adenda 2010) 10,14 (IADO 2011) 8,05 (IADO 2011)	9,57 (2009- PIM Adenda 2010) 3,31 (2010- PIM Adenda 2010) 19,63 (IADO 2011) 10,14 (IADO 2011)	8,77 (2009- PIM Adenda 2010) 4,06 (2010- PIM Adenda 2010)	16,86 (IADO 2011) 13,69 (IADO 2011) 13,12 (IADO 2011)

Sin desconocer que la presencia de metales disueltos en agua es relativamente efímera, que los monitoreos de las estaciones del estuario no son simultáneos con los ejecutados en las descargas y que las corrientes y movimientos de agua producidos por las mareas influyen en la movilidad del Pb, se propone como metodología definir radios de influencia para cada estación, a fin de poder vincular los valores de Pb detectados en éstas, con las descargas más cercanas, pues su detección implica contaminación reciente.

Figura 4 - Zonas de Influencia de las estaciones E2 y E8 en el estuario



En Tabla 2, se muestran las estaciones de monitoreo del estuario, con sus coordenadas geográficas y las descargas involucradas dentro de dicho área de influencia.

Evaluando los resultados de los monitoreos realizados por el CTE en las descargas industriales y urbanas durante el período 2001-2012, se observa que si bien los valores siempre se mantuvieron por debajo de los límites admisibles para vuelco de Pb según el cuerpo receptor ($Pb < 0,1 \text{ mg/l}$), en el caso de los efluentes urbanos estas concentraciones son más altas que las registradas en las descargas industriales (excepto LHC2). Un resumen de esta evaluación de los resultados puede observarse en la Tabla 3, donde sólo se vuelcan promedios, máximos y mínimos. [7].

Tabla 2 - Descargas dentro del área de influencia de cada estación de monitoreo

Coordenadas Geográficas	38°52'34,5" S 62°10'24,9" O	38°50'24,9" S 62°12'14,0" O	38°47'54,1" S 62°15'48,6" O	38°47'22,7" S 62°18'00,2" O	38°46'12,0" S 62°20'29,4" O	38°45'54,1" S 62°20'25,2" O	38°45'01,7" S 62°23'02,9" O	38°44'50,7" S 62°19'54,7" O
Estaciones del Estuario	E1 Boya 24	E2 Proximidades de Desagüe Cloacal Cuenca Principal	E3 Puerto Ingeniero White	E4 Puerto Galván	E5 Proximidades Descarga Canal Colector Polo Petroquímico	E6 Canal Maldonado	E7 Puerto Cuatrerros	E8 Proximidades Descarga Cloacal 3° Cuenca
Descargas	No analizada por estar fuera del ámbito de aplicación de la Ley Pcia. Bs. As. N° 12.530	Descarga Cloacal Cuenca Principal Bahía Blanca (contiene descargas de Air Liquid - Parque Industrial - Descarga Cloacal Depuradora Ing. White desde 2010)	Profertil - Cargill - Termoeléctrica (Termo M6 y Termo Oleo) - Arroyo Napostá - Descarga Cloacal Depuradora Ing. White (esta última hasta 2010)	LLDPE (Barcaza) - Mega - Profertil - Descarga Depuradora Ing. White (esta última hasta 2010)	Petrobras - LLDPE (Barcaza) - Canal Colector Polo Petroquímico (Descargas de LHC1 - LHC2 - EPE - LDPE - HDPE) - Ex Basural Belisario Roldán (descarga difusa)	Ex Basural Belisario Roldán (descarga difusa)	Río Sauce Chico	Arroyo Saladillo de García (descarga TGS) - Descarga Cloacal 3° Cuenca - Derivador Maldonado - Ex Basural Belisario Roldán (descarga difusa)

Tabla 3. Resumen comparativo de resultados de Pb en descargas industriales

DESCARGA	Período Evaluado	Caudal Promedio (m ³ /h)	Promedio General de Pb	Percentil mayor de no detectable	Máximo Medido Pb (mg/l)	Mínimo Medido de Pb (mg/l)	Nro de Registros	Nro de Veces superado el máx admisible
EPE ⁽¹⁾	2002-2012	10,80	< LD		0,003		22	0
HDPE ⁽¹⁾	2001-2012	24,80	< LD		0,004		22	0
LDPE ⁽¹⁾	2002-2012	9,10	< LD				17	0
LHC1 ⁽¹⁾	2001-2012	54,30	< LD		0,007		37	0
LHC2 ⁽¹⁾	2002-2012	26,50	< LD		0,012	0,003	35	0
Petrobras ⁽¹⁾	2001-2012	30,40	< LD		0,007	0,002	43	0
TGS ⁽¹⁾	2001-2012	5,90	< 0,02				4	0
Cargill ⁽¹⁾	2001-2012	34,20	< 0,02				3	0
Mega ⁽¹⁾	2001-2012	17,80	< LD		0,005		35	0
Profertil ⁽¹⁾	2001-2012	320,30	< LD		0,005	0,002	42	0
Solvay ⁽¹⁾	2001-2012	179,70	< LD		0,007	0,003	54	0
Central TermoEléctrica (M6) ⁽¹⁾	2007-2012	56707,70	< 0,02				4	0
Central TermoEléctrica (Oleo) ⁽¹⁾	2008-2012	19,30	< 0,02				3	0
Cloacal 3° Cuenca ⁽¹⁾	2009-2012	400 *	< LD		0,010		15	0
Cloacal Cuenca Principal ⁽¹⁾	2011-2012	1750 *	(2)	0,01	0,030	0,012	20	0

(1) Máximo Admisible de Pb para Legislación Vigente Según Cuerpo Receptor: 0,1 mg/l

(2) Valor representativo: percentil múltiplo de 5 superior al porcentaje de no detectables (ND). ND entre el 50% y el 90%

Del procesamiento de los datos disponibles, que no se adjuntan, se pudo determinar que, en la Descarga Cloacal Cuenca Principal, el 25% de las veces monitoreadas se registraron valores por encima de los límites de detección, con un máximo de 0,030 mg/l.[7]

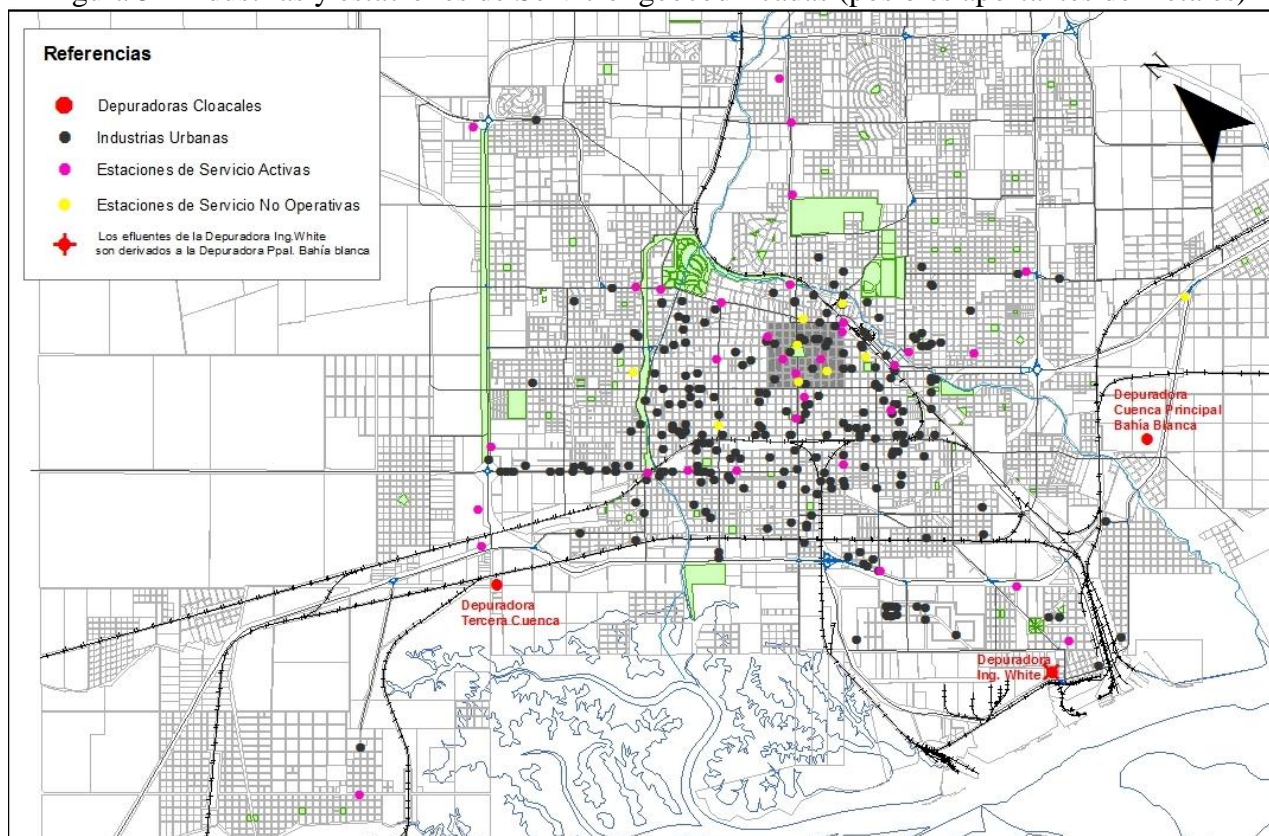
A fin de relacionar los resultados con los monitoreos ejecutados en el estuario, se seleccionan las estaciones E2 y E8, por ser las más próximas a las descargas urbanas (Figura 4). En estas estaciones, como se mencionó precedentemente, las concentraciones de Pb estuvieron en alguna oportunidad, por encima de los niveles de referencia de la NOAA y del Decreto N° 831/93.

Si bien, por la no simultaneidad de los monitoreos y los movimientos de las corrientes y mareas, no se puede afirmar que los efluentes cloacales son los únicos aportantes de Pb, se decide proponer una metodología que permita detectar la procedencia de este metal que aparece en los efluentes identificando las fuentes en el interior del ejido urbano.

POSIBLES FUENTES APORTANTES DE **PB** EN LAS CUENCAS COLECTORAS URBANAS

De las 290 industrias geoposicionadas automática o manualmente, 158 son las que podrían aportar Pb en sus efluentes, de acuerdo al marco teórico enunciado. A ellas deben sumarse 42 estaciones de servicio de la ciudad, de las cuales 33 están en funcionamiento y otras 9 no operativas (Figura 5).

Figura 5 - Industrias y estaciones de Servicio geocodificadas (posibles aportantes de metales)



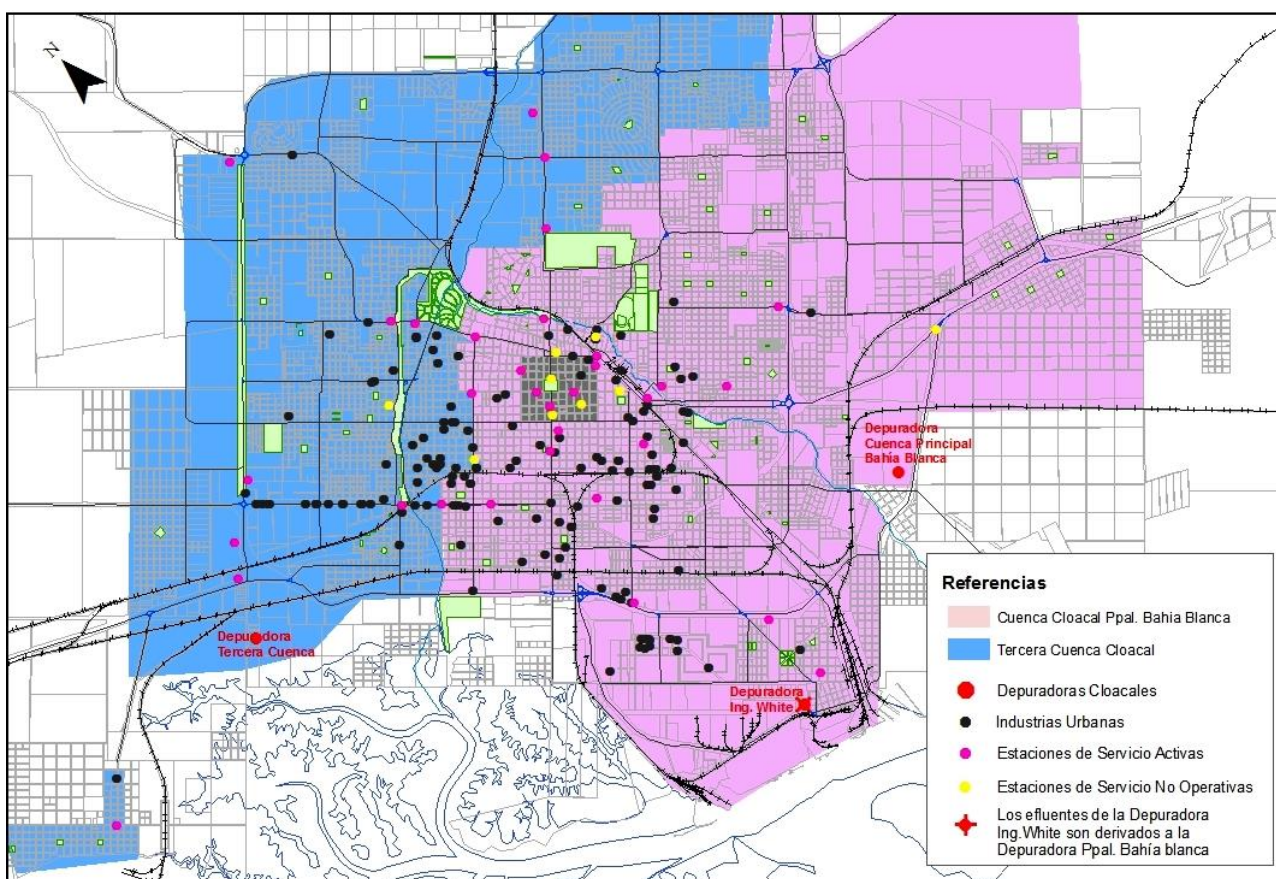
Fuente: Departamento de Catastro Municipalidad de Bahía Blanca

En Bahía Blanca actualmente existen dos cuencas cloacales que recogen los efluentes domiciliarios e industriales y los conducen a dos plantas depuradoras operativas, la Planta Depuradora Cuenca Principal Bahía Blanca y la Planta Depuradora Tercera Cuenca (Figura 6). A la Cuenca Principal Bahía Blanca se asocian 105 industrias y 29 estaciones de servicio que representan un 66% y 69% respectivamente. En tanto a la Tercera Cuenca vuelcan 53 industrias y 13 estaciones de servicio, con porcentajes de 34% y 31% respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4 -Porcentajes de Industrias aportantes de Pb al Estuario de Bahía Blanca

Cuencas	N°	%	Estaciones	% Estaciones	Totales	
	Industrias	Industrias	de Servicio	de Servicio	Totales	%
Cuenca Principal Bahía Blanca	105	66%	29	69%	134	67%
Tercera Cuenca	53	34%	13	31%	66	33%
Totales	158	100%	42	100%	200	100%

Figura 6 - Posibles descargas de Plomo a las Cuencas Cloacales de Bahía Blanca



Fuente: Departamento de Catastro Municipalidad de Bahía Blanca

No se accedió a resultados de monitoreos de Pb de los efluentes de las descargas industriales ubicadas en el ejido urbano ni de los efluentes de las estaciones de servicio. Por tal motivo, no se ha podido comprobar si son realmente aportantes de este metal. Sin embargo, al identificarlas, se podría implementar un sistema de control específico de Pb en las mismas.

CONSIDERACIONES FINALES

Este documento sólo presenta una metodología que mediante la utilización de un SIG, permitiría indagar la procedencia de un metal que aparezca disuelto en aguas. Para dicha aplicación es necesario: contar con un marco teórico respecto a productos y fuentes que contienen al metal a fin de filtrar las industrias que podrían contenerlo en sus efluentes; considerar que la presencia de este metal en agua es indicadora de ingreso reciente al sistema (pues esta fase de los compuestos metálicos es efímera y se desplaza rápidamente hacia otros compartimientos del sistema); considerar el efecto de las corrientes y en algunos casos mareas, para determinar los posibles radios de influencia; contemplar la legislación internacional, nacional y local correspondiente que incluya

estándares de calidad para el metal, tanto para el cuerpo receptor como para el vuelco de efluentes; contar con una tipificación ordenada de los rubros de cada industria indicando el proceso que involucra cada actividad para hacer más ágil la identificación de aquellas que podrían aportar el metal a la colectora cloacal, y la información que permita su geoposicionamiento para obtener un mapa completo de las descargas, así como de la derivación a las distintas cuencas colectoras urbanas.

En el caso particular del Pb que aparece disuelto en aguas del estuario, en las dos estaciones monitoreadas cercanas a las descargas cloacales, al aplicar la metodología se pudo observar que de las 158 industrias identificadas dentro de la ciudad que podrían ser aportantes de Pb, el 66% se encuentra dentro de la Cuenca Cloacal Principal Bahía Blanca y el 34% se ubica en el área de la Tercera Cuenca. Además, de las 42 estaciones de servicio el 69% se asocia a la Cuenca Principal Bahía Blanca y el 31% se ubica en la Tercera Cuenca. Coincidentemente con la mayor detección de Pb en los efluentes de la Cuenca Principal Bahía Blanca es superior el porcentaje de industrias y estaciones de servicio localizadas en dicha cuenca.

Para confirmar cuáles son realmente aportantes de Pb, se debería realizar un control y seguimiento de los efluentes de cada una de las descargas identificadas. Esta propuesta podría mejorar sus resultados si se lograra una base de datos actualizada en el SIG, que facilite la ubicación de las fuentes aportantes de diferentes contaminantes para lograr un seguimiento más efectivo.

Sería conveniente incorporar toda la información respecto a descargas de la ciudad, incluyendo las radicadas en el Parque Industrial.

Queda pendiente para la determinación de los radios de influencia de las estaciones de monitoreo en el estuario, avanzar en una modelación que contemple los efectos de corrientes y mareas.

REFERENCIAS

- [1] Municipalidad de Bahía Blanca - Comité Técnico Ejecutivo. *Programas Integrales de Monitoreo*. (2005 a 2012). En: <http://www.bahiablanca.gov.ar/areas-de-gobierno/medio-ambiente/comite-tecnico-ejecutivo/informes-medioambientales/>
- [2] Instituto Argentino de Oceanografía - Universidad Nacional del Sur. *Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca - Informe Final*. (2008 - 2011). Bahía Blanca. Argentina. En: <http://www.bahiablanca.gov.ar/areas-de-gobierno/medio-ambiente/comite-tecnico-ejecutivo/informes-medioambientales/>
- [3] Buchman, M.F. (2008). *NOAA Screening Quick Reference Tables*, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.
- [4] Instituto Nacional de Estadísticas y Censo - INDEC (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. Tablas por provincias - Provincia de Buenos Aires por partido - Población; Hogares con desagüe cloacal; Hogares con instalación sanitaria con descarga de agua. Fecha de actualización: 08/11/2012. En: <http://www.indec.mecon.ar>

[5] Cifuentes O, Escudero D, Ricciuti N, Medus S, Devoto B. (2013). *Aportes de Plomo al Estuario Bahiense. Primer avance*. En E-book: Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina. Tomo II Contribuciones del IV Congreso PROIMCA y II Congreso PRODECA (2013). Puliafito, Allende, Panigatti (Eds). ISBN 978-950-42-0150-2. Páginas 189 a 206. Universidad Tecnológica Nacional. En:

http://sicyt.scyt.rec.utn.edu.ar/scyt/proimca/LIBRO_COMPLETO_2013.pdf

[6] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (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

[7] Cifuentes O, Escudero D, Medus S, Bohn A, Dosso, A. (2014). *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*. Informe Final Convenio MBB-UTNFRBB.

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

Escudero, D.; Medus, S.; Cifuentes, O.; Devoto, B. 2014. Propuesta metodológica para la identificación de las fuentes de plomo en cuencas colectoras urbanas. ***Geografía y Sistemas de Información Geográfica***. (GESIG-UNLU, Luján). Año 6, N° 6, Sección II: 64-76.

On-line: www.gesig-proeg.com.ar

Recibido: 28 de octubre de 2014

Aprobado: 10 de noviembre de 2014