



UBA
Universidad de Buenos Aires



Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires

Av. San Martín 4453 - C1417DSE - Argentina - Tel. +54-11-5287-0000 - www.agro.uba.ar

Dr. Agustín López Cóppola

Juzgado de Primera Instancia

Contencioso Administrativo N°1

Güemes 112, 1° piso.

Bahía Blanca (CP 8000)

S _____ / _____ D

Tengo el agrado de dirigir a usted en relación a los autos caratulados "SCHROEDER JUAN Y OTROS C/ PROVINCIA DE BUENOS AIRES S/ MATERIA A CATEGORIZAR", (Expte. N° 13633) en trámite ante su Juzgado, con el fin de presentarle el Informe sobre los puntos centrales de la pericia encomendada.

Tal cual como fuera mencionado a su señoría por nota del 15 de marzo de 2017, el equipo de la FAUBA perteneciente a las Cátedras de Química Inorgánica y Analítica y de Sistemas Agroalimentarios realizarán aportes en aquellos puntos sobre los cuales posee experiencia de trabajo relacionada con el estudio de presencia de metales pesados en sedimentos, aguas y organismos de ecosistemas acuáticos.

Aclaraciones.

- I. La complejidad del problema que aborda la causa determina que sea necesario un abordaje interdisciplinar que no puede ser cubierto por el equipo de la FAUBA por lo que el contenido de este informe solo cubre en parte las preguntas planteadas por la parte actora y las demandadas.
- II. Consideramos además que muchas de las preguntas planteadas no hacen al tema central del problema, y que muchas de ellas, tienden a

correr el foco de punto central en cuestión. Igualmente todas las preguntas al alcance de la experiencia y conocimiento de este equipo de trabajo han sido contestadas sin ningún tipo de prejuicio sobre la naturaleza de las mismas.

- III. Tomado en cuenta lo mencionado en los puntos anteriores y para que su señoría tenga un mapeo de los puntos cubiertos en este informe se presenta el cuadro a continuación:

Cuadro N°1 – Mapeo del contenido del informe

Preguntas de	Preguntas Cubiertas por este informe	Preguntas No cubiertas por este informe
Parte Actora	1,3,4,5,6,9,16,18	2,7,8,10,11,12,13,14,15,17
Solvay Indupa S.A.I.C.	Ambiental 1,6,5	Ing. Químico:1,2,3,4,5, Ambiental:2,3,4.
TGS S.A.	5,6	1,2,3,4,7,8,9,10 Emisiones gaseosas:1,2
Petrobrás Argentina S.A.	i,l,o,p,q,s,t,v,w	a,b,c,d,e,f,g,h,j,mn,ñ,x,z,
Compañía MEGA S.A.	4	1,2,3
Aguas Bonaerenses S.A.	a,b,i	c,d,e,f,g, geoquímica: a,b, c,d,e,f,g,h,j,k,l,m.
Profertil S.A.	2,4,6	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13. Oceanografía:1,3,5,7,8,9,10,11
Cargill S.A.C.I.	16,20,24,25,26,27,30,31,32,38	Resto de la 1 a la 52
Consortio de Gestión del Puerto de B.B.	2.1	1.1,1.2,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6
PBB Polisor S.A.	9,10,11	1,2,3,4,5,6,7,8,12,13
Asurix Buenos Aires S.A.	Oceanografía:5,6 1,3	Oceanografía:1,2,3,4,7,8 2,4

- IV. Las conclusiones de este informe se han realizado tomando, como base para el análisis, los innumerables informes preexistentes (se eligieron 28 en total de fuerte relación y relevancia) y principalmente el producido en el marco de la causa "MENINATO, Rolando, PBB Polisor y otros s/inf. Ley 24.051" que se incorpora en su contenido total a este informe. Asimismo los informes elegidos, evaluados y tomados en consideración son:

1. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2015). *Informe bacteriológico final* (UNS informe enero diciembre).

2. Instituto de análisis Fares Taié, división de alimentos y medio ambiente. (2014). *Análisis físico químico de producto: pescadilla entera congelada (100501)*. Responsable: Medici, S. K.
3. Campaña, D. H., Bambill, E., Sartor, A., Cifuentes O., Frank C., Zalba S., & Escudero D. (2011). *Análisis de viabilidad ambiental- proyecto regasificadora y dragado en Puerto Cuatros* (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca).
4. Cifuentes, O.I., & Escudero, D.K. (2016). *Estrategias para la preservación de los humedales del estuario de Bahía Blanca*. (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca).
5. Hadad, H. R., & Maine, M. A. (Ed.). (2016). *Memorias de la III Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales para el Tratamiento y Mejoramiento de la calidad del Agua*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral
6. Sartor, A., & Zalba, S. M. *Gestión integral y participativa del estuario de Bahía Blanca, un imperativo para el desarrollo sostenible* (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca)
7. Estudio de tecnología alimentaria. (2009). *Control de cuerpos receptores de ría de Bahía blanca, metales pesados en crustáceos*. Responsable: Quintana, J.M.
8. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca & Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo. (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*.
9. Escudero, D., Cifuentes, O., & Medus, S. *FODA ambiental del estuario de Bahía Blanca*.
10. Instituto Argentino de Oceanografía, Microbiología Ambiental, & Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo. (2008). *Programa de monitoreo de la calidad ambiental de la zona interior del estuario de Bahía Blanca (informe final)*.
11. Heffner, M. (2003). *Aportes de agua a la ría de Bahía Blanca*. (Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo)
12. Gauna, M. C., Fernandez, C., & Croce, M. E. (2016). *Evaluación de la ecotoxicidad del agua y sedimento en la zona interna del estuario de Bahía Blanca (Informe final 2015-2016)*
13. Municipalidad de Bahía Blanca & Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET / UNS). (2016). *Programa de Monitoreo de la Calidad*

Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca. (Informe final 2015-2016)

14. Laboratorio de Química Marina (LQM) & Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). (2004). Estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca. (Periodo 2003-2004)
15. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaria de gestión ambiental. (2010). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma ría de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2009 y 2010)
16. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaria de gestión ambiental. (2011). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma ría de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2011)
17. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaria de gestión ambiental. (2012). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2012)
18. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaria de gestión ambiental. (2013). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2013)
19. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaria de gestión ambiental. (2014). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2014)
20. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2003). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
21. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2004). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
22. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2009). *Evolución del estado de contaminación de origen fecal en la zona estuarial próxima a la descarga de la cloaca: "Tercera Cuenca"*. (UNS informe de avance)
23. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2010). *Informe de los estudios bacteriológicos realizados durante 2010 en aguas y sedimentos del Estuario de Bahía Blanca*.
24. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2011). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
25. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2012). *Monitoreo bacteriano en aguas y sedimentos del estuario, en inmediaciones del balneario Maldonado, y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª cuenca Bahía Blanca y desarrollo de la metodología para la realización de ensayos toxicológicos sobre microorganismos*. (UNS informe final abril-octubre)

26. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2013). *Monitoreo bacteriano en aguas y sedimentos del estuario, en inmediaciones del balneario Maldonado, y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª cuenca Bahía Blanca y Ensayo microtox.* (UNS informe final enero-junio)
27. Baldini, M. D., & Costamagna, S. R. (2014). Análisis bacteriológico en aguas y sedimentos en inmediaciones del balneario Maldonado, en los afluentes del estuario y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª Cuenca Bahía Blanca. (UNS informe final integrado de agosto del 2013 a julio 2014).
28. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2015). Aguas y sedimentos en inmediaciones del balneario Maldonado, en los afluentes del estuario y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª Cuenca Bahía Blanca (PTLC) y Búsqueda de escherichia coli y vibrios potencialmente patógenos en aguas y tejidos de ostras en el estuarios de Bahía Blanca y en el Los Pocitos. (UNS informe final enero- diciembre 2015)

Conclusiones.

De la integración de datos y referencias bibliográficas sobre la Objeto en estudio motivo de este informe y en función del interrogante planteado en la Causa, podemos concluir que:

- i. Los peces tienen una alta capacidad de almacenar sustancias químicas en su organismo en comparación con la presente en el medio, por lo que son un indicador importante de la contaminación del ecosistema. Esto implica también que su consumo es un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso. La presencia de Metales pesados hallados en especies del ecosistema marino de la Ria de Bahía Blanca y bioacumulados en el tejido muscular y en partes comestibles de las especies analizadas indican que las especies **“NO son aptas para el consumo humano”** ya que las mismas superan los niveles permitidos de Cadmio, Cromo, Cobre, y Plomo por el código alimentario para estas especies. El contenido de estas sustancias en especies de explotación comercial, tienen serias consecuencias para la salud humana, como por ejemplo el saturnismo con efectos neurotóxicos ocasionado por la bioacumulación de plomo, o cáncer ocasionado por la bioacumulación de

cadmio. Ambos metales se hallaron en especies de importancia comercial como la corvina rubia, langostinos, mejillones, camarones y ostras en valores que **“superan 10 y 40 veces”** respectivamente lo permitido por normativa nacional e internacional para el consumo humano de estos productos. La gravedad de esta situación determina que sea necesario abordar un monitoreo permanente de la fauna marina del estuario, con un diseño muestral que permita entender la dinámica de la contaminación con metales pesados en el estuario de Bahía Blanca.

- ii. Las altas concentraciones bioacumuladas de Cadmio, Plomo, Cromo y Cobre en branquias e hígado de todas las especies analizadas es un indicador de la alteración del ecosistema marino de la Ria de Bahía Blanca. Estas concentraciones afectan el desarrollo y crecimiento normal de las especies presentes en la Ria y en la totalidad de la cadena trófica, determinando un desbalance fuerte en el nicho que ocupa cada especie en este ecosistema. Debería asimismo encontrarse una relación directa entre esta pérdida de biodiversidad por bioacumulación de metales pesados y los parásitos que forman parte de esta cadena en comparación con sistemas por fuera de los límites de la Ria de Bahía Blanca, aunque esta apreciación queda como interrogante ya que el misma supera el alcance de la experiencia de este equipo de trabajo. Asimismo, estas concentraciones de metales pesados deberían observarse en algunas alteraciones histológicas, como la presencia de estructuras de aspecto nodular granulomatoso, con abundantes células gigantes de tipo epiteliode, generando infecciones bacterianas severas, afectando el sistema inmunológico de peces, crustáceos y moluscos. Los pocos ejemplares enteros de las muestras analizadas en dependencias de la FAUBA impidieron evaluar estas características que serían indicadores (efectos visibles) de la contaminación y que estarían asociadas a la presencia de metales pesados e hidrocarburos.
- iii. La presencia de metales pesados en vertidos de las industrias y operadores en las márgenes de la Ria, aunque todos ellos dentro de los niveles guía permitidos por la Resolución 336/03, frente al nivel de metales pesados hallados en todas las especies de peces, crustáceos y moluscos bivalvos analizados, por lo menos nos plantea la “duda razonable” sobre

los sistemas de tratamiento de efluentes y de control por parte de los organismos provinciales. Uno de los puntos que consideramos como clave en esta apreciación, es la evaluación de la carga contaminante o carga másica (Decreto N°831/97) que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual a un lugar o cuerpo de agua. Se plantea el concepto de la "duda razonable" ya que si evaluamos el conjunto de vertidos a la Ría de empresas del Polo Petroquímico este sistema aporta un total de entre 11 y 18 millones de litros de efluentes por día, sumándose a esto lo volcado por el sistema cloacal que suma 84 millones de litros por día.

- iv. Los valores DBO, DQO, fenoles y sólidos sedimentables del sistema cloacal operado por ABSA exceden los límites permitidos por la Resolución N°336/03 por lo que deben tomarse medidas urgentes de saneamiento de los efluentes cloacales ya que el vuelco de 84 millones de litros por día está provocando un daño casi irreversible al sistema. La imposibilidad de: i. realizar un actividad productivo-comercial como la pesca artesanal, ii. la salida de actividad de gran cantidad de pescadores, iii. la baja de la actividad económica de agentes relacionados con esta actividad y iv. la baja disponibilidad de especies de calidad comercial y su imposibilidad de consumo, son algunos elementos que indican la dificultad para volver a la situación inicial sin contaminación ya que la permanente transformación operada en el área del puerto de Ingeniero White en los últimos treinta años ha dado lugar a un cambio morfológico del paisaje y consecuentemente a la transformación de mecanismos y procesos naturales que tienen lugar en su sistema hidrológico.
- v. El muestreo de agua de mar en las proximidades del Sitio 18-19 a la salida del colector de ABSA (ducto del consorcio) arrojó un valor del DQO (910 mg/lit S.M. 5220C, 23rd Ed) que supera ampliamente el límite permitido para aguas de Mar Abierto en la Resolución N°336/03 (límite de 500mg/lit. 5220C). Este resultado plantea la necesidad de avanzar en una evaluación global de las empresas que tienen autorización a volcar en este caño identificando además si existieran empresas que en forma clandestina arrojan a este colector. Los parámetros de evaluación a través de la normativa vigente deben enmarcarse en la categoría de "conducto pluvial o

- curso de agua superficial" ya que estos vuelcos no incluyen ningún tipo de saneamiento intermedio como los conductos cloacales.
- vi. Existen tres factores fundamentales que deben ser asegurados como presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable de una región: i. Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas, ii. Mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos y iii. Asegurar la conservación de la diversidad biológica. Estos tres puntos están contemplados en el artículo 2º inciso a), e) y f) de la Ley N° 25.675; por lo expresado en los puntos anteriores podemos asegurar que ninguno de estos puntos está siendo asegurado con la intervención antrópica que existe en la actualidad en la Ria de Bahía Blanca. También existe una incompatibilidad en lo planteado por la Ley de Pesca 11.477 de la Provincia de Buenos Aires, que en su art 13º inciso "a" estipula que: queda prohibido en toda la jurisdicción de la Provincia: arrojar, colocar, hacer o dejar llegar a las aguas en forma permanente o transitoria, sustancias nocivas para la biología marina. Asimismo, a través de estos vuelcos se encuentra afectada la ley 24.051.
- vii. La complejidad que significa mantener un equilibrio entre las actividades económicas, el bienestar social y el cuidado del medio ambiente que apuntan a generar situaciones viables, vivibles y equitativas pone de manifiesto la necesidad de operar en un marco de convivencia con visión sistémica del problema. En este sentido y a partir de la revisión de bibliografía e informes generados desde el IADO, CET, OPDS, la UTN regional Bahía Blanca, la Universidad Nacional del Sur, Comité Técnico Ejecutivo (PIM) claramente queda expuesto la necesidad de esa mirada integral para la impulsar un desarrollo sustentable de la región. La utilización de nuevas tecnologías como los caudalímetros con dosificación dinámica de efluentes líquidos sin la intervención de la mano del hombre ya utilizados en otras industrias, el monitoreo constante de contenido de metales pesados en peces con una metodología validada por los organismos de control y aplicada al ecosistema marítimo de la Ria y la

evaluación permanente de sedimentos del estuario, son algunas de la medidas que la importante red de organizaciones locales debería estar poniendo en práctica a la brevedad en función de la gravedad de los resultados obtenidos.

- viii. En referencia a la relación entre la actividad de las empresas del polo petroquímico y la concentración de metales pesados en las especies de peces analizadas, evidentemente, o al menos en un grado de probabilidad muy elevado, esta constante y prolongada carga de contaminantes, aunque pareciera que dentro de los parámetros autorizados por la reglamentación vigente (aunque no por la ley provincial de pesca) ha generado una bioacumulación en las especies que viven en el estuario de un grado tal que no solo generan un notorio perjuicio en la sanidad de la vida marina, sino además un concreto riesgo en la salud de la población pasible de consumir estas especies. Consecuentemente, se considera prudente que en la inmediatez se prohíba la captura y consumo de especies del estuario bahiense y en un corto o mediano plazo se prohíba que se continúe arrojando al estuario Cadmio, Cromo, Plomo y Cobre dado que son los metales pesados que han sobrepasado ampliamente los niveles de concentración permitido por el Código Alimentario Argentino.

Parte 1. Resumen y Resultados

1.a. Resumen

La Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires recibió por oficio la solicitud de colaboración en la causa "MENINATO, Rolando, PBB Polisor y otros s/inf. Ley 24051" por parte del Ministerio Público Fiscal de Bahía Blanca y por nota contestada al mismo se informó que la FAUBA estaba en condiciones de: i. asistir en el desarrollo de la toma de muestras, ii. elaborar los análisis de laboratorio sobre todos los elementos para los cuales las instalaciones tienen capacidad, iii. Coordinar con laboratorios especializados los análisis para aquellos elementos que no se pueden hacer desde la FAUBA, iv. elaborar los informes técnicos que permitan determinar si el nivel de concentración de los distintos elementos presentes en los efluentes se encuentra en concentraciones peligrosas para la vida acuática y la salud humana, y v. asistencia técnica para la presentación de resultados.

A partir de ese momento se comenzó a trabajar con el Departamento de Delitos Ambientales de la Policía Federal Argentina, coordinado por el Subcomisario Alberto Raúl Candia, realizando un trabajo conjunto en donde los dos equipos técnicos (FAUBA y DDAPF) trabajaron coordinadamente para lograr un mejor resultado de lo solicitado por la Fiscalía, particularmente en la determinación de presencia de contaminantes en: i. los vuelcos de las industrias, ii. en aguas, iii. en sedimentos y iv. en peces, moluscos y crustáceos de la Ría de Bahía Blanca, en las proximidades del Polo Petroquímico y el puerto de Ing. White.

Luego del allanamiento realizado a las empresas del polo petroquímico de Bahía Blanca al día siguiente las muestras ciegas fueron remitidas al Laboratorio de Química Analítica de la FAUBA directamente por el equipo de Delitos Ambientales de Policía Federal. Acta mediante fueron recibidas las muestras refrigeradas en perfecto estado en un total de: 3 cores de 50 cm con muestras de sedimentos precintadas, 16 muestras de aguas en frascos de vidrio color caramelo de 1L, y 64 muestras de peces, moluscos y crustáceos enteros y eviscerados.

Se determinaron las concentraciones de Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en las muestras de sedimentos. En las muestras de aguas se complementaron los análisis de metales pesados anteriormente descritos con la evaluación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

En el caso de peces, moluscos, crustáceos se analizaron los contenidos de Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en branquias, hígado y musculo de especies de sciaenidae (corvina), pez sapo, Camarón, Ostrea+Mitylus, Langostino, raya/tiburón, Odontestes (Pejerrey) y Langostino/camarón sobre peso húmedo, procedentes de la zona costera de la Ria de Bahía Blanca a la altura de Ing. White, Puerto Galván.

Se realizaron reuniones de integración de resultados con el equipo técnico de la DDAPF para poder sacar conclusiones con los datos obtenidos ya que existe una fuerte interacción entre todos los parámetros analizados por ambos equipos. Se pusieron en común metodologías de análisis y se trabajó en una mirada integral de problema en cuestión.

1.b. Resultados

De las muestras de peces, moluscos, crustáceos se determinaron las concentraciones de Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en branquias, hígado y musculo de especies de sciaenidae (corvina), pez sapo, Camarón, Ostrea+Mitylus, Langostino, raya/tiburón, Odontestes (Pejerrey) y Langostino/camarón sobre peso húmedo, procedentes de la zona costera de la Ria de Bahía Blanca a la altura de Ing. White, Puerto Galván. En ellos se encontró un elevado contenido de metales pesados en sciaenidae (corvina) Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) en músculo en valores de 0,63 mg/kg y 2,37 mg/kg sobre peso húmedo. En músculo de pez sapo (sp sin determinar) en Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (PB) en valores

de 0,65 mg/kg, 1,55 mg/kg sobre peso húmedo. Por otro lado en Camarón, Ostrea+Mitylus y Langostino enteros se encontró altos niveles de Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (PB) y Cobre (Cu). En el caso de camarón se encontró un nivel de 0,51 mg/kg Cadmio (Cd), 5,85 mg/kg Cromo (Cr) 22,0 mg/kg Plomo (Pb) y 14,67 mg/kg Cobre (Cu). Para Ostrea+Mitilus: 0,60 mg/kg Cadmio (Cd), 1,67 mg/kg Cromo (Cr), 2,04 mg/kg Plomo (PB), 271,59 mg/kg Cobre (Cu). Para Langostino 0,57 mg/kg Cadmio (Cd), 5,25 mg/kg Cromo (Cr), 21,9 mg/kg Plomo (Pb), 17,34 mg/kg Cobre (Cu) todos estos valores sobre peso húmedo. También se encontraron valores elevados en Odontestes (Pejerrey) en músculo en nivel de 0,51 mg/kg Cadmio (Cd), 2,46mg/kg Cromo (Cr) y en langostino+camarón en niveles de 5,5 mg/kg Cromo (Cr), 18,5mg/kg Plomo (Pb). Los valores encontrados superan en muchos casos el 1200% al valor permitido para el consumo humano por el Código alimentario nacional.

Asimismo, se encontraron valores elevados en el resto de las muestras de branquias e hígado en niveles que afectan el desarrollo y ciclo de vida de las especies analizadas. Solamente se encontraron valores por debajo del nivel de detección de plomo (Pb) en músculo de Sciaenidae (corvina), de mercurio (Hg) en hígado de pez sapo, de mercurio (Hg) en moluscos bivalvos, en cadmio (Cd) y de plomo (Pb) en hígado y musculo de Odontestes (Pejerrey)

De los sedimentos analizados se encontró presencia de metales pesados en las tres muestras analizadas y todos ellos por debajo de los niveles guía propuestos para sedimentos en aguas marinas publicados como norma por CEDEX 1994 como "Recomendaciones para la gestión del material dragado de los puertos españoles" y la Clasificación de sedimentos por las normas Holandesas (1997) para la evaluación de sedimentos de dragado y por Clases de Sedimentos: Environment Canada et MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec,2007). Los valores obtenidos de estas muestras no superan los límites planteados por estas normativas. No existe en Argentina definición de normas que determinen niveles guía para la disposición de sedimentos en aguas marinas por lo que en sistemas de dragado se utilizan las normativas españolas, holandesas o canadienses.

De las aguas correspondientes a vertidos de las empresas y de áreas definidas en las proximidades de los muelles de las empresas, se detectó la presencia de Hierro, Cromo y Cinc encontrándose el resto de los metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) por debajo de los niveles de detección para casi la totalidad de las muestras analizadas a excepción de la muestra M2 UBA correspondiente al precinto N°44773 con niveles de plomo de 0,025 mg/L. Todos los niveles de metales pesados hallados en aguas se encuentran dentro de los niveles permitidos por Resolución N°336/03 y por los niveles guía propuesto por el Decreto 831/93 (ley N°24.051 de residuos peligrosos).

En lo que respecta al contenido de HTP en las muestras analizadas encontramos que se hallaron niveles relativamente altos de este parámetro en 4 de ellas, ninguna sobrepasando los niveles permitidos por la normativa vigente.

De la integración de resultados de la FAUBA y DDAPF surge que los valores más altos de Plomo, Hierro, Cromo y Cinc se relacionan con valores elevados de DQO. Surge de la integración de resultados que los valores de DQO, DBO, Sulfuros, Fenoles, SS10, SS2h, se relacionan con las muestras de la salida del caño cloacal de ABSA.

Parte 2 – Informe evaluación del nivel de residuos peligrosos en las muestras remitidas.

2.a. Introducción

Las Cátedras de Química Inorgánica y Analítica y de Sistemas Agroalimentarios de la FAUBA, han venido trabajando en conjunto en temas relacionados con los sedimentos de distintos cursos de agua y las consecuencias que tendrían un manejo indebido de los mismos.

En este sentido esta línea de trabajo se basa en el hecho que los cursos de agua del mundo se ven fuertemente modificados por la actividad humana. Esto es debido a su temprana colonización como vías navegables, como zona de embarco o desembarco, así como también, por los asentamientos humanos asociados a esas actividades. Los principales elementos contaminantes provienen tanto de residuos industriales como así también de efluentes cloacales domésticos, basurales a cielo abierto, aguas pluviales contaminadas y otras actividades que vierten aguas residuales a los sistemas acuáticos.

Se trabajó con el Departamento de Delitos Ambientales de la Policía Federal Argentina, coordinado por el Subcomisario Alberto Raúl Candia, realizando un trabajo conjunto en donde los dos equipos técnicos (FAUBA y DDAPF) trabajaron coordinadamente para lograr un mejor resultado de lo solicitado por la Fiscalía, particularmente en la determinación de presencia de contaminantes en: i. los vuelcos de las industrias, ii. en aguas, iii. en sedimentos y iv. En peces, moluscos y crustáceos de la Ría de Bahía Blanca, en las proximidades del Polo Petroquímico y el puerto de Ing. White.

Es importante definir que entendemos por Estuario o Ría de Bahía Blanca ya que este es el objeto de estudio principal y sobre el cual se materializarán todos los estudios referidos en este informe.

Existen numerosos trabajos con descripciones pormenorizadas acerca de las características generales del estuario de Bahía Blanca entre ellos nos permitimos destacar en forma general lo compilado en el trabajo de Gómez E.A., Ginsberg S.S. y Perillo G.M.E. (1996) "Geomorfología y sedimentología de la zona interior del canal principal del estuario de Bahía Blanca" publicado en Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología por considerarlo de importancia para el tema a tratar y el informe Estudio de impacto Ambiental del dragado para la extensión del canal de acceso hasta el puerto de Cuatros para el desarrollo de la línea base ambiental Serman y Asoc. Consultora Goyenechea C. 2013.

A partir de estos estudios podemos resumir que el estuario o Ría de Bahía Blanca es un humedal costero de características geográficas y biológicas únicas, considerado uno de los más importantes de la Argentina en su tipo. Los humedales son ecosistemas que se inundan de forma temporal o permanente con una flora, fauna y suelos característicos. La presencia de agua es fundamental, ya que determina su estructura y funciones ecológicas. En ellos, ocurren importantes procesos hidrológicos y ecológicos y sustentan una gran biodiversidad.

Las marismas son hábitats costeros que inundan las mareas colonizados por plantas adaptadas a tolerar la salinidad, como la espartina. Crecen en sitios protegidos, donde la baja energía de las olas permite la existencia de fondos barrosos. Gracias a las mareas, los restos vegetales de las marismas y materia orgánica particulada (detritus), más los aportes de los cursos de agua dulce, son circulados en el sistema. Esto origina una alta disponibilidad de nutrientes, que serán el alimento de numerosos organismos; en particular, plancton e invertebrados bentónicos o del fondo.

El estuario de Bahía Blanca es denominado "estuario de planicie costera", por su relieve bajo y la presencia de una extensa planicie en forma de embudo alargado. Limita con los partidos de Coronel Rosales, en la porción externa, y con Bahía Blanca y Villarino, en la interna. Tiene 80 km de longitud y una superficie de 3.000 km², de los cuales 1.200 km² quedan expuestos en marea baja (intermareales). Es superado en extensión por el estuario del Río de la

Plata. Los principales tributarios de agua dulce (72,9%) provienen de la cuenca superficial del río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande.

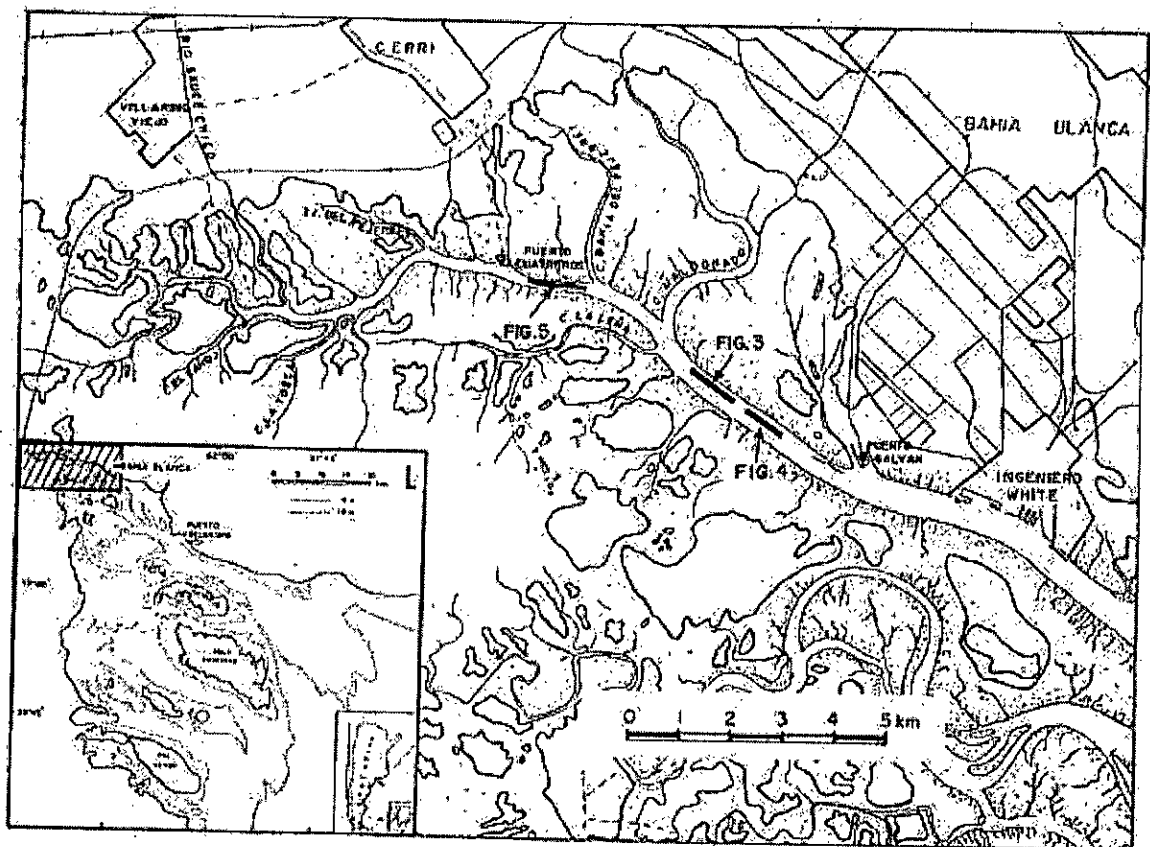
“Ante la aparente uniformidad ambiental, se distinguen dos sectores; el estuarial, cabecera o embudo interno, entre Villarino Viejo y el puerto de Ingeniero White, y el externo, desde este hacia la boca definida por las puntas Pehuen Co y Laberinto. Las mareas son semidiurnas (dos pleamares y bajamares por día lunar) y su amplitud es de 2,3 a 1,4 m, en el embudo, y de 3,8 a 2,7 m, en la cabecera. Esta última, por su ubicación, tiene baja renovación de agua y alta vulnerabilidad; aquí, el agua es salobre y hacia la boca, salada. Los sedimentos también cambian de limo-arcillosos (muy finos a finos) a arenas. La diversidad de invertebrados y peces es mayor hacia el interior, siendo, además, un área de crecimiento de especies de valor comercial”.

Desde el punto de vista Geomorfológico y sedimentológico el estuario de Bahía Blanca, es un sistema meso mareal conformado por canales de dimensiones variadas, separados por islas y extensas llanuras de marea. El régimen de mareas es semidiurno, siendo la amplitud media en los puertos de Ing. White y Galván (zona más interna) de 3,8 y 2,7 m en sicigia y cuadratura respectivamente, disminuyendo progresivamente hacia el exterior del estuario hasta llegar a 2,3 y 1,4 m (sicigia y cuadratura) en la zona externa a las islas. Este comportamiento lo convierte en un estuario hipersincrónico (Perillo & Piccolo, 1990). Las corrientes de marea son reversibles con un valor máximo de velocidad promedio (integrado verticalmente), de 1,3 m/s y 1,05 m/s para condiciones de refluo y flujo respectivamente.

Las intrusiones marinas cuaternarias han dejado importantes testimonios sedimentológicos y paleontológicos en cotas de hasta 10 m por encima del nivel medio del mar (González, 1984; Farinati, 1985; Aliotta et al. 1987; Aliotta & Farinati, 1990). En el sector submareal del tramo interno del Canal Principal aquí estudiado, pueden identificarse dos zonas que difieren netamente en su morfología y sedimentología. Este cambio brusco se advierte en cercanías de la desembocadura del Canal Bahía del Pejerrey a partir de donde, y en dirección a Puerto Galván, el lecho del canal pasa de una zona con neto

predominio de material arenoso con dunas a un sedimento consolidado con formas erosivas. Esta particular distribución de tipos de sedimentos y de estructuras, puede atribuirse a un incremento en la velocidad de las corrientes de marea hacia la zona externa del Canal Principal. Así, desde el Canal Bahía del Pejerrey, la velocidad de la corriente se incrementaría de tal forma que el volumen de sedimento transportado como carga de fondo no llega a ser suficiente para generar formas acumulativas. Este aumento en la velocidad de las corrientes, evidenciado en la geomorfología y sedimentología del fondo del canal, se corrobora a través de las mediciones de corrientes realizadas por Píccolo & Perillo (1990) en el sector del Canal Principal estudiado.

Figura N° 1 - Área involucrada en autos y ubicación de los puntos 3, 4 y 5¹.



Fuente: Gómez E.A., Ginsberg S.S. y Perillo G.M.E.

Las estructuras erosivas desarrolladas en la zona más externa del canal estarían relacionadas con los cambios texturales de los sedimentos consolidados que conforman el fondo del mismo. Estos materiales

¹ Puntos tomados para la caracterización geomorfológica y sedimentaria en el informe de Gómez E.A., Ginsberg S.S. y Perillo G.M.E.

corresponderían a los sedimentos litificados del sustrato pleistocénico, los cuales en la vecindad de Puerto Galván se hallan a una profundidad mínima del orden de los 7,5 m por debajo del plano de reducción (Aliotta et al., 1992). Dichos materiales, dada su mayor resistencia a la erosión, restringirían la profundización del canal.

Según Teruggi et al. (1957), los sedimentos pleistocénicos presentan valores de vidrio volcánico superiores al 15%, mientras que la Formación Chasicó presenta valores más bajos (Fidalgo et al., 1978). El alto contenido de vidrio volcánico (40%), junto con el cemento carbonático presente en los afloramientos reconocidos en la desembocadura del Canal El Caño, indican que los mismos podrían ser de edad pleistocénica. Por lo tanto, hacia el sector interno estos materiales se hallarían a menor profundidad, llegando a aflorar en la zona intermareal de la cabecera del estuario. Hacia el exterior del estuario, el techo de los sedimentos litificados se profundiza hasta los 16-18 m, pero en este caso están constituidos por la Formación Chasicó (NEDECO-Arconsult, 1983), la cual según Fidalgo et al. (1987) sería de edad Mioceno tardío.

Por encima de los materiales pleistocénicos, y a lo largo de ambos flancos del canal, se disponen estratos conformados por sedimentos sueltos de composición predominantemente limo arcillosa con cierto grado de compactación. Estos estratos dan lugar a la formación de estructuras escarpadas por erosión diferencial. En base a los estudios realizados por Aliotta et al. (1987) y Aliotta & Farinati (1990) en el sector comprendido entre Puerto Galván e Ingeniero White, se concluye que los sedimentos que se disponen sobre los materiales litificados, en todo el sector aquí analizado, corresponderían a extensas planicies de marea conformadas durante la ingresión holocena.

“La ría sufrió diversos impactos y la contaminación proveniente de los ejidos urbanos, polos industriales y puertos, son riesgosos para la salud humana y del humedal. Asociados a los sedimentos y agua, se detectaron bacterias coliformes (procedentes de la materia fecal), hidrocarburos aromáticos y pesticidas organoclorados en niveles superiores a los permitidos”. (Petracci, 2011)

La permanente transformación operada en el área del puerto de Ingeniero White en los últimos treinta años ha dado lugar a un cambio morfológico del paisaje y consecuentemente a la transformación de mecanismos y procesos naturales que tienen lugar en su sistema hidrológico. Esto conlleva, entre otras cosas, a aumentar volumétricamente el agua que se descarga en la Ría y a la reducción del tiempo en alcanzar la misma, ya sea por la vía superficial como por la subterránea. Esto se observa claramente en el canal colector de vuelco de efluentes compartido por PBB Polisur y Solvay Unipar. Si bien las aguas del acuífero freático son hipersalinas, la tipificación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación de moderada a alta permite predecir un riesgo ambiental para el ámbito de la ría que es el destino final del escurrimiento de todas las aguas. Es por ello que es menester evaluar la descarga de los contaminantes que se producen en la ría de Bahía Blanca, a través del sistema antrópico (canales superficiales) y natural (acuífero freático), como consecuencia de la actividad industrial del Polo Petroquímico.

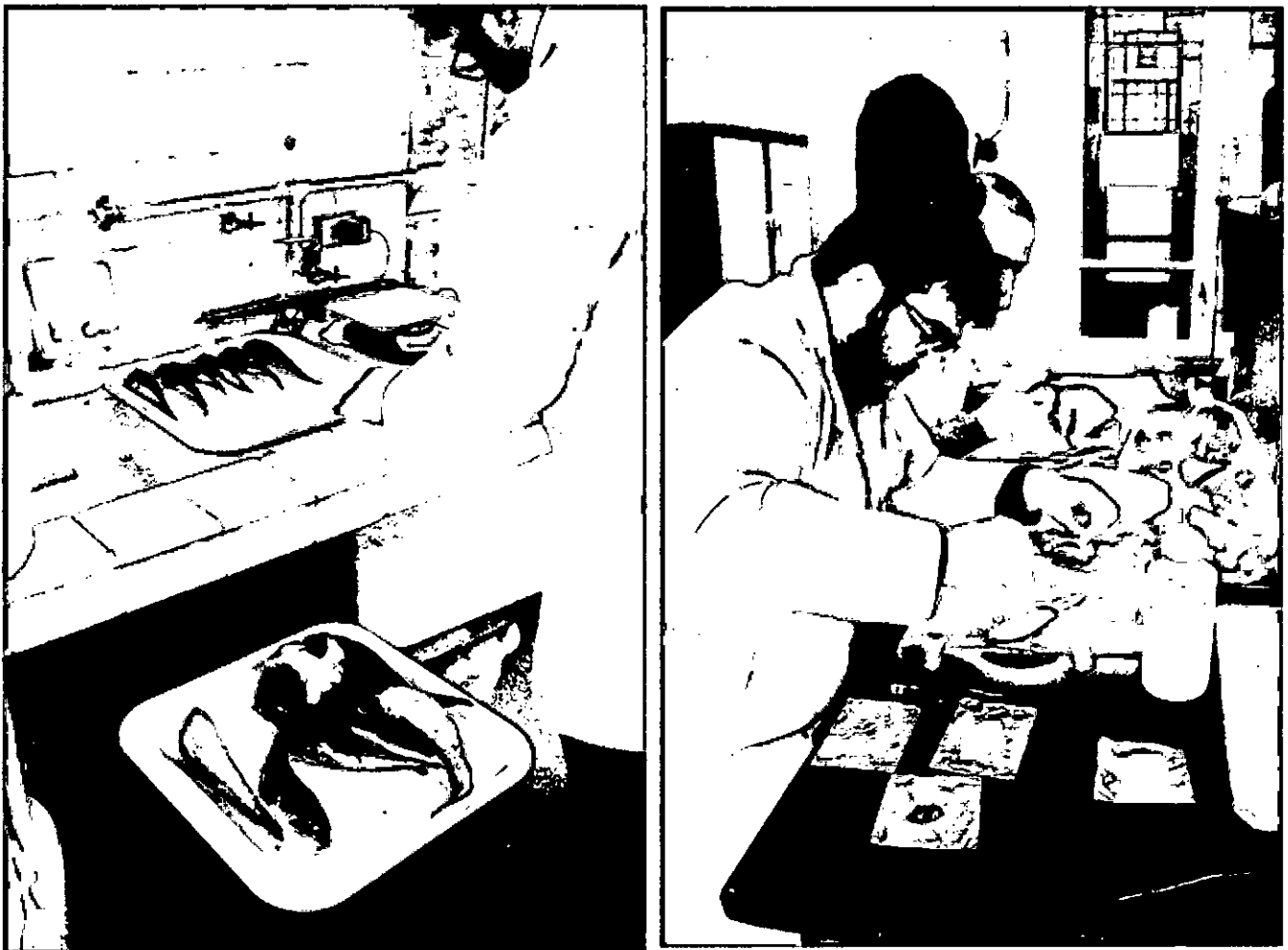
Luego del allanamiento realizado a las empresas del polo petroquímico de Bahía Blanca al día siguiente las muestras ciegas fueron remitidas al Laboratorio de Química Analítica de la FAUBA directamente por el equipo de Delitos Ambientales de Policía Federal. Acta mediante fueron recibidas las muestras refrigeradas en perfecto estado en un total de: 3 cores de 50 cm con muestras de sedimentos precintadas 16 muestras de aguas en frascos color caramelo de 1lts, y 64 muestras de peces moluscos y crustáceos enteros y eviscerados.

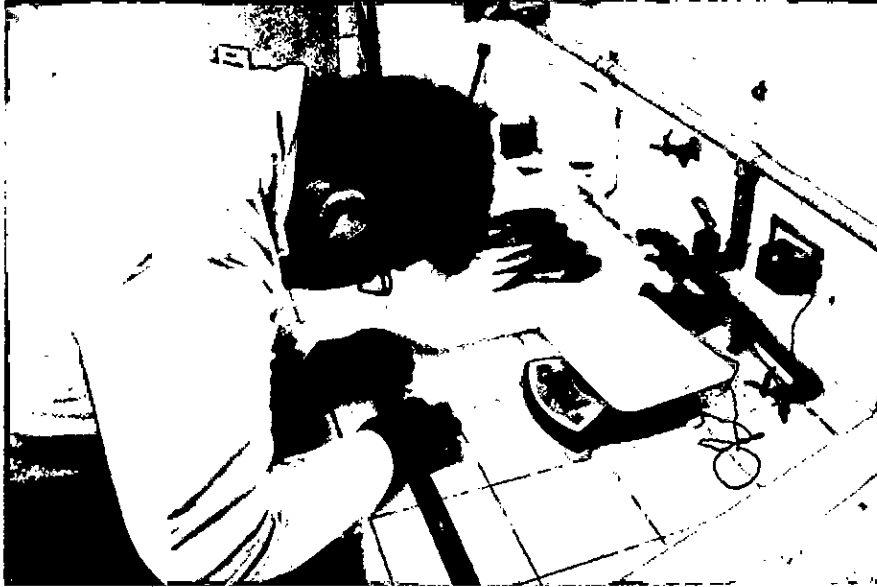
Se analizaron los contenidos Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Zinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en las muestras de sedimentos. En las muestras de aguas se complementaron los análisis de metales pesados anteriormente descriptos con la evaluación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

anteriormente descriptos con la evaluación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

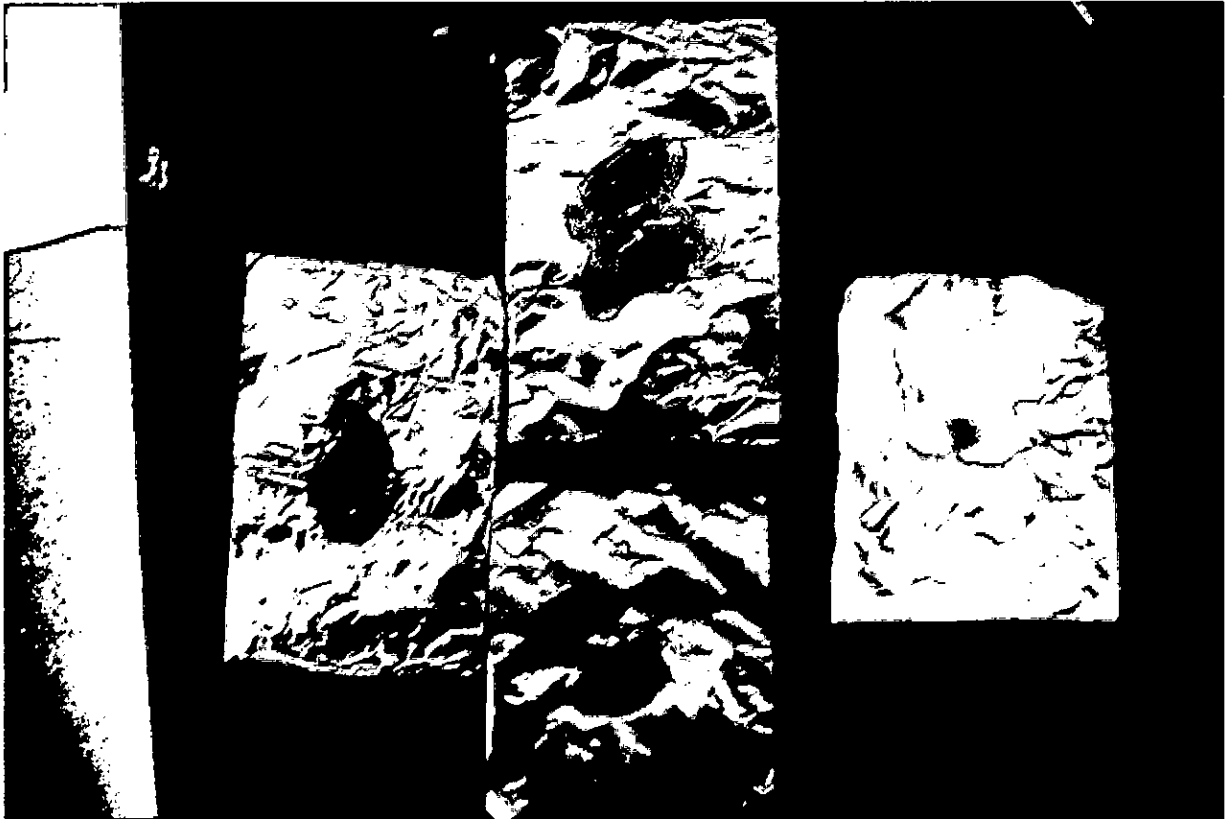
En el caso de peces, moluscos, crustáceos se analizaron los contenidos Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en branquias, hígado y musculo de especies de sciaenidae (corvina), pez sapo, Camarón, Ostrea+Mitylus, Langostino, raya/tiburón, Odontestes (Pejerrey) y Langostino/camarón sobre peso humedo, procedentes de la zona costera de la Ria de Bahía Blanca a la altura de Ing. White, Puerto Galván.

Imágenes N° 1, 2 y 3 – Trabajo de laboratorio





Imágenes N° 4 – Detalle de la evisceración



Se realizaron reuniones de integración de resultados con el equipo técnico de la DDAPF para poder sacar conclusiones con los datos obtenidos ya que existe una fuerte interacción entre todos los parámetros analizados por ambos equipos. Se pusieron en común metodologías de análisis y se trabajó en una mirada integral de problema en cuestión.

Este informe tiene por objetivo proporcionar los resultados de esos análisis como forma de contribuir a la evaluación de los riesgos asociados al vuelco de efluentes a la Ría de Bahía Blanca como contribución de la Facultad de Agronomía de la UBA a esa tarea.

2.b. Consideraciones conceptuales sobre la contaminación de Sistemas Acuáticos.

Dentro de las actividades vinculadas al manejo integrado de las cuencas hidrográficas y zonas marino-costeras, resulta imprescindible el conocimiento de las cargas contaminantes generadas en los procesos productivos y sociales, considerando que usualmente cada actividad se caracteriza por la disposición en el aire, suelo y/o agua de diferentes cantidades de contaminantes.

Tomando en cuenta que los procedimientos de caracterización son generalmente complejos y exigen de importantes recursos financieros, la utilización de indicadores de producción y consumo se presenta como un importante enfoque a considerar, dentro de las estrategias nacionales orientados a determinar los niveles de carga contaminante que son generados por las diferentes actividades de producción y servicios. Existen dos indicadores importantes a evaluar y que serán motivo de trabajo en las evaluaciones de las cargas contaminante de un determinado sistema antrópico sobre un ecosistema.

Concentración: Se entiende por concentración a una cantidad de substancia en relación con un volumen determinado que la contiene, el que puede ser aire, suelo o agua. Se expresa en unidades de masa entre volumen para agua y aire: g/l, mg/l y para suelos g/g, mg/kg, etc. Las unidades más usuales son las siguientes: g/l, mg/l, g/g, g/100g, mg/g, mg/m³ (aire).

Carga contaminante ó carga másica: Medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en Tn/año, Tn/día o kg/día.

2.c. Importancia de los sedimentos en sistemas acuáticos.

Los sedimentos constituyen un componente importante de los ecosistemas acuáticos pues son el hábitat del bento, o sea la comunidad de organismos que vive sobre, dentro o cerca de los sedimentos del fondo de los cuerpos de agua. El bento también tiene un rol importante en la cadena alimentaria, siendo alimento para muchas especies de agua dulce y salada. La exposición de los organismos a contaminantes en los sedimentos puede representar un peligro potencial para la salud de los mismos y del ecosistema en general. Patógenos, nutrientes, metales, compuestos orgánicos tienden a retenerse sobre las partículas en suspensión que en zonas de deposición sedimentan en el fondo de los cauces. Así los sedimentos pueden acumular cantidades excesivas de contaminantes que directa o indirectamente afectan el ecosistema acuático y por lo tanto a la pérdida de especies. La importancia de la contaminación de los sedimentos en la calidad del ecosistema ha sido bien documentada (Burton, 2002).

Los "sedimentos contaminados" son materiales que se acumulan en el fondo de un cuerpo de agua y contienen sustancias químicas en concentraciones que exceden las medidas o criterios de calidad de sedimentos, o que pueden constituir una amenaza para la salud humana o el ambiente (US EPA, 1993).

Los sedimentos son una mezcla compleja, cuya composición involucra una gran variedad de compuestos orgánicos, inorgánicos y biota. En este caso, se entiende como **biota** a los virus, bacterias, hongos y protozoarios, que se encuentran habitantes o que son agregados al curso por descargas de distinto tipo.

Los resultados de los sedimentos son muy consistentes y están en relación con los registrados para las aguas, presentando una menor variabilidad. Esto se debe a que los sedimentos actúan como reservorio a largo plazo de contaminantes persistentes poco solubles en agua (hidrófobos) integrando toda la variabilidad que caracteriza al medio fluido. De esta manera constituye un

registro del pasado, de las diferentes etapas de destrucción a la que fue sometido, una suerte de "memoria" del cuerpo de agua receptor.

El análisis de los sedimentos brinda un excelente panorama del grado de contaminación dentro de un área determinada. El patrón del agua, por sus fluctuaciones en emisión y flujo, no se define con tanta precisión los niveles de contaminación (Bryan y Langston 1992). Los metales pesados y muchos contaminantes orgánicos persistentes se unen predominantemente al material en suspensión, y finalmente se acumulan en los sedimentos, por lo que éstos ofrecen un registro confiable de la contaminación.

En este sentido y tomando en cuenta la dinámica de ecosistema acuático de la Ría de Bahía Blanca, resulta imprescindible la evaluación de los sedimentos en la zona aledaña al polo industrial de bahía blanca para analizar la concentración de sustancias peligrosas que forman parte del sistema. Es decir no solo se debe medir el vuelco eventual en los efluentes sino la acumulación en el sedimento. Asimismo, la bioacumulación también es un punto importante según lo expresado y será motivo de evaluación en las especies del ecosistema marino de la Ría como forma fundamental de entender la contaminación del sistema.

2.d. Evaluación de los efectos de los sedimentos y aguas contaminadas

Diferentes organismos de gestión ambiental y países (Holanda, Canadá, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda), ante la necesidad de contar con reglamentaciones para la gestión de sedimentos han desarrollado Niveles Guía de Calidad de Sedimentos. La derivación de estos niveles guía ha generado valores numéricos de referencia utilizados como medida de los efectos de la contaminación de los sedimentos sobre los organismos bentónicos. La aplicación de "niveles guía" han sido utilizados con muchos objetivos, entre los que se encuentran la evaluación de la calidad de los sedimentos a dragar.

2.e. Conceptos y Normativas

La **toxicidad** es la capacidad relativa de un compuesto de ocasionar daño mediante efectos biológicos adversos (OMS, 1977). Una definición más completa desde el punto de vista ecosistémico es la de Manno et al 1995, en la cual define que puede entenderse por sustancia tóxica o tóxico, a aquella que es capaz de producir la muerte o la enfermedad, anormalidad en el comportamiento, trastorno fisiológico del aparato reproductor o malformaciones físicas en cualquier organismo que lo ingiera y también, aquellas sustancias que se tornan tóxicas como producto de su bioacumulación, o por combinación con otras sustancias simples o compuestas. En la República Argentina los valores guía de toxicidad se encuentran en forma de tabla en el **Decreto 831 de la Ley nacional 24.051 de Residuos Peligrosos**.

En el mencionado decreto un **“Estándar de Calidad Ambiental”** es el Valor numérico o enunciado narrativo que se ha establecido como límite a los vertidos y emisiones de residuos peligrosos a un campo receptor en un lugar determinado, calculado en función de los objetos de calidad ambiental y de las características particulares del cuerpo receptor en el referido lugar.

El **“Nivel guía de Calidad Ambiental”** es el valor numérico o enunciado narrativo establecido para los cuerpos receptores como guía general para la protección, mantenimiento y mejora de usos específicos del agua, aire y suelo.

El **“Limite del Permiso de Vertido/Emisión”** es el valor numérico o enunciado narrativo establecido como limite a un vertido/emisión de residuos peligrosos en su Permiso de vertido, en función de sus correspondientes objetivos y estándares de calidad.

En cuanto a la calidad de los vertidos o descargas de efluentes industriales, existe legislación en el ámbito provincial (**Resolución N°336/03**) y **Disposiciones de la Ley Nacional 13.577**.

Un concepto fuertemente asociado a la dosis o concentración de descarga y tiempo de exposiciones es el de la bioacumulación. Por **bioacumulación** debe entenderse al proceso por el cual un compuesto incrementa su concentración en el interior de un organismo respecto de la concentración del mismo en el entorno. La bioacumulación puede ocurrir producto de la concentración que un organismo realiza junto con la alimentación, a través de la superficie del cuerpo, los pulmones o las branquias.

También ocurre que se produce a través de la cadena trófica, en la cual cada uno de los organismos involucrados (desde productores primarios hasta consumidores) va incorporando a partir del organismo que consume niveles crecientes del tóxico en cuestión. "La descarga de efluentes cloacales crudos o insuficientemente tratados, en la ría de Bahía Blanca, produce la proliferación de bacterias que consumen oxígeno y liberan toxinas peligrosas para otras especies. Metales pesados, como mercurio, plomo y cadmio, se hallaron en cangrejos, peces y aves marinas (gaviota cangrejera) en concentraciones elevadas. Las especies del fondo absorben estos contaminantes, se bioacumulan en los tejidos progresivamente, y los transfieren a eslabones sucesivos de la cadena" (Petracci, Pablo. 2011).

Muchos tóxicos son incorporados rápidamente por organismos de la vida acuática, a esa propiedad se la conoce como **biodisponibilidad** y se refiere a la capacidad que tiene un tóxico o contaminante para interactuar con un sistema biológico.

Sedimentos: mezcla compleja, cuya composición involucra una gran variedad de compuestos orgánicos, inorgánicos y biota. En este caso, se entiende como **biota** a los virus, bacterias, hongos y protozoarios, que se encuentran habitantes o que son agregados al curso por descargas de distinto tipo.

En la proporción de compuestos tóxicos en la mezcla compleja que se genera en aguas o sedimentos contaminados pueden encontrarse sustancias solubles, volátiles, inestables, coloreadas. Las partículas sólidas que son transportadas por los cursos de agua constituyen un componente de la mezcla. Se

encuentran partículas de distinto tamaño, desde las más grandes que sedimentan rápidamente y forman los lodos de fondo de los ríos, hasta las más pequeñas, coloidales, pueden mantenerse en suspensión indefinidamente en las aguas. Sobre la superficie de estas partículas se forman biopelículas, complejos ecosistemas de microorganismos que se adhieren a las superficies y que contribuyen a la biotransformación de estos sedimentos. La composición cuali-cuantitativa de las mezclas ambientales no es constante y varía con el tiempo.

2.f. Principales elementos xenobióticos

Como ya fue definido anteriormente los compuestos xenobióticos son aquellos que no corresponden a la composición natural de los seres vivos, por extensión son compuestos cuya ocurrencia no es habitual o no existen en la biosfera, salvo por intervención humana. Estos compuestos en general muy estables y apolares, tienden a acumularse en los tejidos de los seres vivos. Tardan largo tiempo en degradarse en los sistemas naturales y pueden actuar como contaminantes.

Los xenobióticos son utilizados en química orgánica, generalmente en la industria, en plásticos, pinturas, alimentos, medicamentos, combustibles, cosméticos, cigarrillos, envases, etc. Es decir, estamos constantemente expuestos a ellos. Sumado a las cargas orgánicas propias de los vertidos cloacales, existen muchos grupos y subgrupos de sustancias simples o compuestas, las siguientes abarcan las de mayor relevancia:

- Metales
- Hidrocarburos alifáticos
- Hidrocarburos aromáticos
- Plaguicidas
- Bifenilos policlorados (BPC's)

Acompañando la búsqueda de estas sustancias se establecen otros parámetros de diagnóstico y caracterización de la fuente contaminante como la cantidad de carbono orgánico, la demanda química de oxígeno y la cantidad de coliformes totales y fecales para cuando se involucran con el vertido cloacal.

Los metales son elementos químicos cuyas propiedades comunes tienen que ver con su buena conductividad eléctrica y térmica, la ductilidad y la maleabilidad entre otras. Tanto en las aguas, los sedimentos como en los organismos, los metales se encuentran en forma aisladas o formando parte de moléculas más complejas.

Los metales condicionan su toxicidad a partir de varios factores como:

- La toxicidad propia de cada metal
- La concentración en la que se encuentra en el medio u organismo que se trate
- El tiempo de acción y biodisponibilidad
- Tipo de compuestos en el que se presenta (orgánico o inorgánico)
- Forma de dispersión
- Interacciones

El proceso de biomagnificación tiene mucha importancia con los metales porque al igual que con otras sustancias persistentes como los BPCs y los organoclorados, son acumulados por algunos organismos, generando así un alto riesgo para la salud humana en tanto se los utilice para consumo en cualquier forma (fresco, harina, aceite).

2.g. Metales pesados

A partir de grandes accidentes ambientales ocurridos en la década del 50-60, enfermedad de Minamata con el Mercurio o de la enfermedad Itaí-Itaí por Cadmio, entre otras, se inició en los años 70 una creciente investigación sobre la contaminación por metales pesados. Los metales tienen utilización directa en numerosos procesos de bienes y servicios. Los más importantes son Arsénico (Ar), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn).

La concentración en el ambiente de algunos metales puede causar daños de difícil remediación en los ríos, arroyos acuíferos, cuencas o ecosistemas y por ende de las personas, en algunos casos las concentraciones de ellos pueden ser de origen natural y generar patologías de tipo endémico, como el

hidroarsenicismo crónico regional endémico en la Argentina (HACRE). Sin embargo, las principales causas de su presencia son atribuibles a las actividades industriales humanas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero solo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos (Malpartida, 2003).

Algunos de los metales que tienen una densidad alta no son especialmente tóxicos y algunos son elementos esenciales en el ser humano, independientemente de que a determinadas concentraciones puedan ser tóxicos. Sin embargo, hay una serie de elementos que en alguna de sus formas pueden representar un serio problema medioambiental y es común referirse a ellos con el término genérico de "**metales pesados**" (Pérez Vázquez, 2011).

Por otra parte es bien conocido que muchos componentes inorgánicos son beneficiosos para la salud del ser humano, pero una concentración elevada de éstos, casi siempre es perjudicial, sobre todo cuando sobrepasa determinados niveles. Un caso especial son los ya mencionados metales pesados.

Algunos metales de importancia en la evaluación de agua y sedimento son los siguientes:

1. As (Arsénico)

Se encuentra distribuido en la naturaleza combinado, formando parte de muchos minerales. Los minerales con mayor concentración de este elemento son los diversos arseniuros de plomo, cobre y plata, así como también los sulfatos de arsénico. A lo largo de la historia ha sido un veneno muy utilizado por sus cualidades tóxicas (Malpartida, 2003). El arsénico se encuentra como contaminante natural en muchos acuíferos subterráneos. Sin embargo, cuando aparece en cursos de agua superficiales, su origen por lo general es industrial. La presencia de arsénico en los cursos de aguas se puede explicar como resultado de la utilización, a veces excesiva y sin control, de productos relacionados con actividades agrícolas, como agroquímico o proveniente de partículas de cenizas voladoras de diversos sistemas de incineración, otra fuente es su uso como preservador de madera (curado de madera al cupro-

cromo-arseniato), La exposición al aire de la madera tratada, especialmente en climas húmedos conduce a la liberación de arsénico y contaminación del suelo y aguas subterráneas por lixiviación de agua de lluvia.

2. Cd (Cadmio)

Se presenta asociado en forma natural con minerales de cinc y plomo, la mayor parte del cadmio utilizado se obtiene a partir de los minerales de cinc, siendo que este metal es altamente resistente a la corrosión se lo utiliza en galvanoplastia, y en la industria de plástico. Otros compuestos a partir del cadmio también se utilizan como fungicidas, insecticidas y nematocidas. La contaminación del agua con cadmio proviene de su utilización en diversas industrias.

3. Cr (Cromo)

El cromo es un metal, que en su forma elemental trivalente y en concentraciones muy pequeñas es esencial en el metabolismo de muchos organismos. Su presencia conjuntamente con la niacina o ácido nicotínico permite el metabolismo normal de la glucosa. En exceso es fuertemente tóxico. La presencia de Cr ha sido muchas veces reportada, y se asume que los elevados valores provienen de algunas industrias como puede ser de las curtiembres, industria característica de nuestro país. La presencia de la forma hexavalente es indicadora de actividad industrial.

4. Cu (Cobre)

Naturalmente se encuentra formando sulfatos y óxidos de cobre, en la industria se lo utiliza para la producción de cables eléctricos y una gran cantidad de utensillos, también en aleación con el cinc forma bronce con diversas utilidades. Es un elemento imprescindible para la vida, es requerido en pequeñas condiciones e interviene como activador o cofactor de diversas enzimas que cumplen funciones en animales y plantas, por ejemplo el transporte de oxígeno. Sin embargo, su concentración elevada lo transforma en un elemento altamente tóxico, siendo muy dañino en el agua para muchos organismos entre ellos invertebrados, peces y plantas (Irwin *et al*, 1998). En los seres humanos también causa anomalías en el organismo, produciéndose intoxicaciones crónicas y alteraciones neurológicas similares a la enfermedad de Wilson (Curci, 1994).

5. Hg (Mercurio)

El mercurio (Hg) es un elemento de gran utilidad para diversas aplicaciones, dado que es el único que se encuentra en el estado líquido a temperaturas normales y posee una gran conductividad eléctrica. Lamentablemente, los compuestos mercuriales son venenosos para todos los sistemas vivos. Se emplea en la industria química, en la fabricación de plásticos, en la construcción de aparatos de medición física (termómetros, barómetros, etc.), como azogue de los espejos y sobre todo se combinan con otros metales formando aleaciones (amalgamas). Debido a esta propiedad fue extensamente usado durante épocas pasadas en la minería del oro y aún en la actualidad, en explotaciones de tipo unipersonal o artesanal. También se ha utilizado en medicina (tratamiento de la sífilis), más actualmente como parte de antisépticos (timerosal) y de las amalgamas dentales. Este uso del mercurio, cuando no es controlado debidamente, es el mayor responsable de la contaminación de agua y sedimentos en ríos y lagos, atmósfera, suelos, vegetales y peces. En forma directa o indirecta también afecta a los seres humanos, provocándoles una enfermedad, aguda o crónica, que a veces alcanza niveles de envenenamiento, denominada hidrargirismo. El mercurio puede ingresar en los organismos a partir de su forma metálica nativa, formando parte de compuestos inorgánicos y también en forma orgánica. La química del mercurio en el agua puede entenderse en función de sus propiedades físicas y químicas. Ante todo, el mercurio elemental y mucho de sus componentes tienen presiones de vapor suficientemente altas para producir una movilización importante de este metal en fase de vapor. Además, algunos de sus compuestos, como los sulfuros y los óxidos, son sumamente insolubles. El mercurio puede ser metilado por los microorganismos (adición de un grupo metilo -CH₃). Estas formas orgánicas son las principales en muchos organismos. Por otra parte, son mucho más tóxicas para los humanos que los compuestos inorgánicos de mercurio. En muchas zonas costeras en distintos países existen bolsones de contaminación local como consecuencia de la liberación del metal, principalmente de las actividades industriales.

6. Ni (Níquel)

Forma parte natural de la composición de los suelos debido a su amplia distribución en la corteza terrestre. El Níquel confiere dureza a las aleaciones

con Cobre, Hierro, Cromo y Cinc, por esto sus usos industriales se encuentran en la producción de acero inoxidable. Combina con Cloro, Azufre y Oxígeno y forma compuestos que se disuelven fácilmente en el agua. Se lo utiliza también en la fabricación de baterías, acumuladores y en la industria de los plásticos. El carbonilo de Níquel es uno de los compuestos más tóxicos.

7. Pb (Plomo)

Al tener un elevado peso molecular, el Plomo es muy susceptible de acumularse en el metabolismo de los seres vivos y posee un enorme grado de toxicidad sobre todos ellos, tanto para los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica hasta el hombre. Las fuentes más importantes de liberación de Plomo a la atmósfera son los escapes de vehículos, en los que se usan derivados alquílicos de Plomo como activos antidetonantes en los combustibles de los motores de combustión interna y las emisiones industriales. El plomo no tiene una función esencial en el metabolismo que sea conocida, cosa que sí ocurre con otros metales.

8. Zn (Cinc)

El cinc es uno de los elementos más abundante y se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Puede ser encontrado en el aire, suelo y agua. El cinc es un componente importante en la nutrición y necesario para varias enzimas, sobre todo las deshidrogenasas, por lo tanto, debe ser suministrado en la dieta, de ahí su existencia en casi todos los elementos (en muy baja cantidad) lo cual lo transforma en un elemento esencial para la vida animal y vegetal. El metal se utiliza en soldadura, en la fabricación de baterías y en galvanizadoras. Tiene aplicaciones en la industria de pinturas y en farmacología, formando parte de formulaciones fungicidas de uso dermatológico. Cabe destacarse que este metal en concentraciones elevadas tiene efectos contaminantes para los seres vivos.

2.h. Unidades de medición de Sustancias contaminantes y equivalencias

En la República Argentina los "valores guía" se encuentran en forma de tabla en el decreto 831 de la Ley nacional 24.051 sobre residuos peligrosos y se

expresan en microgramos por kilo. En la tabla siguiente se presentan las equivalencias entre diferentes formas de expresión y medidas.

ppm (partes por millón)	mg/kg (miligramos/kilo)	10^{-6} gramos por kilo
ppb (partes por billón)	$\mu\text{g}/\text{kg}$ (microgramos/kilo)	10^{-9} gramos por kilo
ppt (partes por trillón)	ng/kg (nanogramos/kilo)	10^{-12} gramos por kilo

2.i. Consideraciones generales sobre el sistema bajo análisis y los efluentes de las industrias involucradas en autos

La descripción realizada en este informe permite concluir que la contaminación de un ecosistema acuático con metales pesados (metales tóxicos), producto principalmente de las actividades industriales, ***son elementos altamente tóxicos para el sistema biótico y para los seres humanos que interactúan con ella.*** Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g/cm^3). Cabe destacar que en esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico. El término metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos. Lo que hace tóxicos no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio, cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Cabe recordar que de hecho los seres vivos "necesitan" (en pequeñas concentraciones) a muchos de éstos elementos para funcionar adecuadamente. Ejemplos de metales requeridos por el organismo incluyen el cobalto, cobre, hierro, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio, y zinc. El caso del hierro es notable entre éstos, siendo vital para la formación de hemoglobina.

Si a esta situación sumamos la presencia de una altísima concentración de materia orgánica, producto de los desechos cloacales, a niveles que supera ampliamente la capacidad del sistema para procesarlo y metabolizarlo y

mantener inalterable el ecosistema, y el constante dragado de mantenimiento de la profundidad del canal de navegación que provoca mayor turbidez en el agua, remoción de metales pesados por acumulación y alteración del lecho marino, estamos frente al peor de los escenarios para el medio ambiente y la salud humana.

En este sentido la Facultad de Agronomía de la UBA, a través del laboratorio de Química Inorgánica y Analítica evaluó el contenido de metales pesados en los vertidos de las industrias que forman parte de este polo industrial. Del informe presentado por el Departamento de delitos ambientales de la policía federal argentina (Informe técnico 2013), esta Facultad considera que se encuentra totalmente alineado con el criterio técnico enunciado, sin embargo, nos permitimos transcribir un cuadro del mismo, haciendo algunas aclaraciones. Se transcribe el cuadro que se considera correcto técnicamente pero que en fichas de evaluación de empresa por empresa no queda claramente definido los parámetros a evaluar según la consideración del Subcomisario Alberto Raúl Candia. A nuestro criterio los elementos a evaluar son los descriptos en la columna 4.

Cuadro N°2 - Descripción de los efluentes líquidos de las industrias involucradas.

Empresa	Actividad	Características de los efluentes	Elementos a evaluar
PBB Polisur S.A.	Fabricación de resinas y cauchos sintéticos	Sulfuros, Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo	Sulfuros, Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo
Solvay Indupa S.A.I.C.	Fabricación de resinas y cauchos sintéticos	Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo	Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo
Profertil S.A.	Producción de fertilizantes base de nitrógeno.	Nitrógeno, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo	Nitrógeno, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo
Compañía MEGA	Producción de	Nitrógeno,	Nitrógeno,

S.A.	materias químicas básicas	Hidrocarburos, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo	Hidrocarburos, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo
Petrobrás Argentina S.A.	Productos de refinación de petróleo	Sulfuros, Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo, mercurio.	Sulfuros, Hidrocarburos, fenoles, hierro, cromo, cinc, cadmio, plomo, mercurio.
TGS S.A.	Producción y comercialización de líquidos de gas natural.	Hidrocarburos, Plomo	Hidrocarburos, Plomo
Cargill S.A.C.I.	Elevador terminal de granos, elaboración de aceites, pellets o harina de girasol o soja y elaboración de malta.	DBO, DQO, sulfuros, nitrógeno total, solidos suspendidos, grasas y aceites.	DBO, DQO, sulfuros, solidos sedimentables.
Aguas Bonaerenses S.A.	Captación depuración y distribución de aguas superficiales	DBO, sulfuros, nitritos y nitratos, solidos suspendidos, grasas y aceites, metales pesados.	DBO, DQO, sulfuros, nitritos y nitratos, solidos suspendidos, grasas y aceites, metales pesados.

Fuente: elaborado en base a Capello, F. 2013. Informe 20/13 Departamento de delitos ambientales Policía Federal Argentina.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de la Cátedra de Química Analítica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, aquellos parámetros que no realiza la FAUBA (p.e. Sulfuros, DQO, DBO, Fenoles SS10 y SS2hs) han sido realizados por el laboratorio del Departamento de delitos ambientales de la Policía Federal Argentina con la intención de analizar en conjunto los resultados.

2.j. Sistema de toma de muestras realizado

El operativo de allanamiento y toma de muestras fue realizado por el Gabinete de Apoyo Técnico de la División Operaciones del Departamento de Delitos Ambientales de la Policía Federal Argentina, el operativo de muestreo estuvo a

cargo de esta repartición y el muestreo se realizó sobre: i. Peces, crustáceos y moluscos de la Ria de Bahía Blanca en las proximidades de la desembocadura del canal colector de efluentes del polo petroquímico, ii. En sedimentos en la boca de la misma desembocadura, iii. en aguas de la Ría en proximidades de los muelles de Ing. White y iv. vertidos de las empresas involucradas en autos. Las mismas se realizaron con el siguiente protocolo:

Materiales y toma de muestras: Las muestras de agua y efluentes se tomaron en botellas de plástico para la determinación de metales y en botellas de vidrio color caramelo para la determinación de hidrocarburos, a razón de tres muestras por cada una de las empresas a evaluar. Las correspondientes para evaluación de metales fueron preservadas a ph:2 con ácido nítrico.

Los peces y moluscos se colocaron en bolsas de polietileno, se transportaron refrigeradas al laboratorio y se procesaron dentro de las 48 horas para evitar posibles cambios que desvirtuaran el análisis.

Se tomaron muestras de músculos, branquias e hígado de cada pez para ser analizados en forma independiente. En el caso de los crustáceos se tomaron individuos enteros tanto en los langostinos como en los camarones.

Para la extracción de sedimentos se utilizaron tubos tipo "corer" de PVC de 60mm de diámetro y se transportaron refrigerados al laboratorio. Se realizó la instrumentación de cadena de custodia con el lacrado de muestras "in situ".

Tiempo de entrega: Se entregaron las muestras en el Laboratorio de Química Inorgánica y Analítica de la FAUBA en menos de 30 horas por medio de acta y con la presencia de todo el equipo técnico de ambas Organizaciones. La FAUBA de hizo responsable de la determinación de metales en las muestras de agua de la Ria, de efluentes de las empresas, de peces, moluscos y crustáceos de la Ria y de hidrocarburos.

Metodología para el análisis

Metales.

La determinación de la concentración de Fe, Pb, Cd, Zn y Cr en las muestras de aguas se llevó a cabo siguiendo el método 3125 del Standard Method 23nd Edition. La determinación de la concentración total de Hg se realizó por espectrometría de absorción atómica mediante la técnica de vapor frío.

La validación se llevó a cabo usando materiales de referencia certificados. Para el tratamiento de sedimentos se realizó una digestión mediante el método EPA 3050B y la determinación de metales en dichas muestras se efectuó por el método 3125 del Standard Method 23nd Edition. Todos los análisis se realizaron por triplicado. Tratamiento de los datos: se utilizó estadística descriptiva para las muestras de peces, crustáceos y moluscos de la Ria de Bahía Blanca, con un n=10.

Sitios de toma de muestras:

Se indican a continuación los lugares en donde se recolectaron las muestras de sedimentos, efluentes y aguas en el operativo, las mismas fueron realizadas en forma simultánea tratando de observar el protocolo de relevamiento. En el caso de los peces fueron capturados por redes y recolectados en distintos sitios de la Ria en las proximidades del puerto de Ing. White.

Imagen N° 1, 2 y 3 – Peces recolectados en las proximidades de Ing. White



Figura N°1 –Área del operativo y toma de muestras, visión general del ejido de Bahía Blanca.

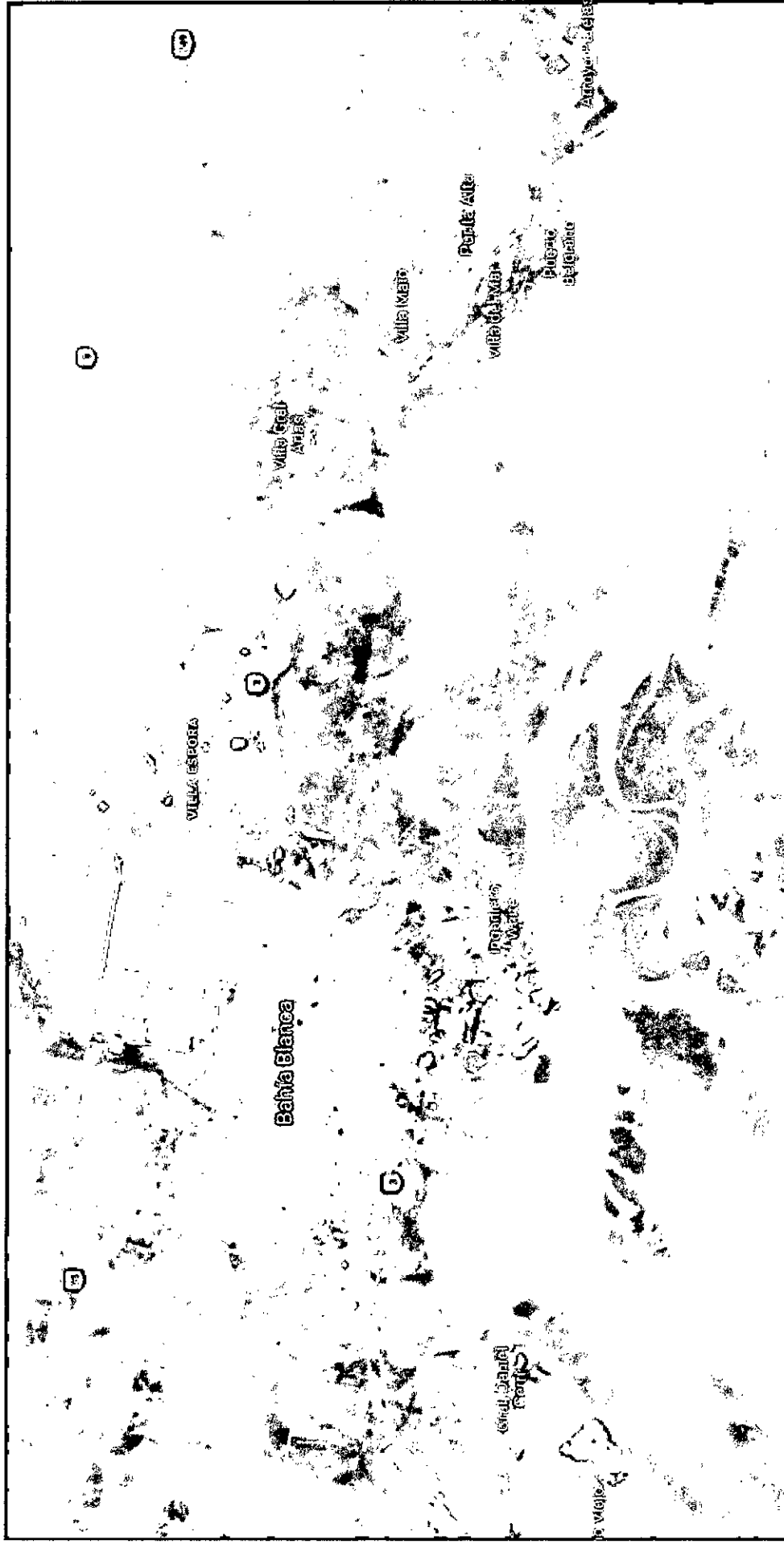


Figura N°2-Área del operativo y toma de muestras en la zona de Gral. Daniel Cerri e Ing. White.



Figura N°3-Área del operativo y toma de muestras, zona Central termoeléctrica Luis Piedrabuena.



Parte 3. Resultados y Discusión

Se presentan a continuación los resultados producto del trabajo conjunto entre la FAUBA y el DDAPF. De los sedimentos analizados se encontró presencia de metales pesados en las muestras de los tres sitios considerados (tabla N° 1) y todos ellos por debajo de los niveles guía propuestos para sedimentos en aguas marinas publicados como norma por CEDEX 1994 como "Recomendaciones para la gestión del material dragado de los puertos españoles". Las concentraciones de los metales analizados se encontraron por debajo de los niveles con alta probabilidad de afectar negativamente la vida acuática según las guías de calidad de sedimentos de Canadá (Sediment Quality Guideline for protection of aquatic life, Canadian Council of the ministers of the environment, 2002), la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica de EE.UU (NOAA) y con la lista holandesa (Dutch list, 1994).

Tabla N°1 - Concentración de metales en sedimentos. Sección 0-5 cm

core	precintos	rótulo	Fe (%)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cobre (mg/kg)
core 1	062256-062215-062219-044799	Laguna- Laguna inicio	1,8	0,7	18,8	19,2	125	<0,005	23,9
core 2	062207-062298-062297-062224	MS3 sedimento 3 Mega	1,8	0,7	20,5	19,4	81,2	0,19	20,2
core 3	424643-062285-044857-424401	Laguna- Laguna fin	1,7	0,6	18,9	17,8	75,3	0,15	19,8

Fuente: elaboración propia

De las aguas correspondientes a vertidos de las empresas y de áreas definidas en las proximidades de los muelles de las empresas, se detectó la presencia de Hierro, Cromo y Cinc encontrándose el resto de los metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) por debajo de los niveles de detección para casi la totalidad de las muestras analizadas a excepción de la muestra M2 UBA correspondiente al precinto N°44773 con niveles de plomo de 0,025 mg/L. Todos los niveles de metales pesados hallados en aguas se encuentran dentro de los niveles permitidos por Resolución N°336/03 y por los niveles guía propuesto por el Decreto 831/93 (ley N°24.051 de residuos peligrosos).

Tabla N° 2 – Cantidad de muestras de aguas y efluentes Coordinadas, codificación y precintos.

		IDENTIFICACION					
	Empresa	Precinto ap. Técnico	Tipo de muestra	Precinto FAUBA	Coordenadas en Google Maps (Latitud- Longitud)		Rótulo
1	TGS adentro	424046	Efluente	424081	-38,687669	-62,389249	M1 TGS
2	TGS afuera	424077	Agua de la RIA	424058	-38,687676	-62,388923	M1 EXT TGS
3	Mega	424664	efluente	44751	-38,784362	-62,293303	M1MEGA SA
4	Mega afuera	44726	Agua de la RIA	44798	-38786296	-62,9379	M3 UBA
5	Profertil adentro	44712	efluente	44710	-38,787409	-62,28465	M2
6	Profertil afuera	44731	Agua de la RIA	44773	-38,790106	-62,284325	M2 UBA
7	Petrobras adentro	424499	efluente	423176	-38,741284	-62,30519	M1 CAMARA AFORO
8	Petrobras afuera	424323	Agua de la RIA	424446	-38,741294	-62,30892	M2
9	Uniparindupa	424026	efluente	44791	-38,773772	-62,30892	M1
10	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	62209	efluente	62292	-38,762534	-62,30157	M1B
11	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	62293	efluente	62286	-38,76241	-62,303892	M2B
12	ABSA estuario 1	44876 (044739)	efluente	-	-38,797246	-62,221725	
13	ABSA estuario 2	424115 (424102)	efluente	-	-38,79811	-62,221616	
14	ABSA camino de tierra y ruta 3	44855 (424350)	efluente	-	-38,769709	-62,22717	
15	ABSA arroyo pareja afuera	424411 (424464)	efluente	423157	-38,901869	-62,065492	M2B
16	Oiltanking M1	-	Agua de Napa	424079 (MW11)	-38,923856	-62,04555	M1
17	Oiltanking M2	-	Agua de Napa	424408 (MW2)	-38,920411	-62,05009	M2
18	Oiltanking M3	-	Agua de Napa	44702 (MW1)	-38,920916	-62,044239	M3
19	Oiltanking M4	-	Agua de Napa	44001 (MW6)	-38,929226	-62,045125	M4

Fuente: elaboración propia

De las aguas correspondientes a vertidos de las empresas y de áreas definidas en las proximidades de los muelles de las empresas, se detectó la presencia de Hierro, Cromo y Cinc encontrándose el resto de los metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) por debajo de los niveles de detección para casi la totalidad de las muestras analizadas a excepción de la muestra M2 UBA correspondiente al precinto N°44773 con niveles de plomo de 0,025 mg/L. Todos los niveles de metales pesados hallados en aguas se encuentran dentro de los niveles permitidos por Resolución N°336/03 y por los niveles guía propuesto por el Decreto 831/93 (ley N°24.051 de residuos peligrosos).

Tabla N° 3 – Metales pesados en aguas.

IDENTIFICACION		Concentración de metales (mg/L) en las muestras de agua					
	Empresa	Fe	Cd	Cr	Pb	Zn	Hg
1	TGS adentro	0,031	<0,0021	0,0026	<0,0058	0,0031	<0,002
2	TGS afuera	0,036	<0,0021	0,0	<0,0058	0,0035	<0,002
3	Mega	0,113	<0,0021	1,7	<0,0058	0,041	<0,002
4	Mega afuera	0,036	<0,0021	1,2	<0,0058	0,285	<0,002
5	Profertil adentro	0,031	<0,0021	1,0	<0,0058	0,193	<0,002
6	Profertil afuera	0,688	<0,0021	1,3	0,025	0,052	<0,002
7	Petrobras adentro	0,031	<0,0021	1,8	<0,0058	0,004	<0,002
8	Petrobras afuera	0,02	<0,0021	2,0	<0,0058	0,041	<0,002
9	Uniparindupa	0,01	<0,0021	1,4	<0,0058	0,011	<0,002
10	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	0,022	<0,0021	0,93	<0,0058	0,013	<0,002
11	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	0,01	<0,0021	1,0	<0,0058	0,016	<0,002
12	ABSA estuario 1						
13	ABSA estuario 2						
14	ABSA camino de tierra y ruta 3						
15	ABSA arroyo pareja afuera	0,014	<0,0021	1,1	<0,0058	0,016	<0,002
16	Oiltanking M1						
17	Oiltanking M2						
18	Oiltanking M3						
19	Oiltanking M4						

Nivel Guía 336/03 y 831/97

<=2,0

<=0,1

<=2,0

<=0,1

<=2,0

<=0,005

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta al contenido de HTP en las muestras analizadas encontramos que se hallaron niveles altos de este parámetro en 4 de ellas, ninguna sobrepasando los niveles permitidos por la normativa vigente. El método utilizado ha sido Método 10050. Inmuno ensayo semi cuantitativo solo como forma de identificar un rango de contenido en las muestras analizadas. Tres de ellas han sido realizadas contramuestras por el método EPA418 no arrojando resultados distintos a los planteados. La muestra mas alta ha sido la numero 7 (Tabla N°3) no superando el nivel guía planteado por la Resolución 336/03. El valor encontrado fue de 22 mg/L de HTP.

Tabla N° 4 – Presencia de Hidrocarburos Totales de petróleo (HTP).

IDENTIFICACION		HTP
	Empresa	HTP (mg/L)
1	TGS adentro	2 - 5
2	TGS afuera	<2
3	Mega	2 - 5
4	Mega afuera	10 - 20
5	Profertil adentro	2 - 5
6	Profertil afuera	10 - 20
7	Petrobras adentro	10 - 20
8	Petrobras afuera	2 - 5
9	Uniparindupa	5 - 10
10	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	2 - 5
11	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	5 - 10
12	ABSA estuario 1	
13	ABSA estuario 2	
14	ABSA camino de tierra y ruta 3	
15	ABSA arroyo pareja afuera	2 - 5
16	Oiltanking M1	10 - 20
17	Oiltanking M2	2 - 5
18	Oiltanking M3	2 - 5
19	Oiltanking M4	5 - 10
Nivel guía 336/03		<=30

Fuente: elaboración propia

De la integración de resultados de la FAUBA y DDAPF surge que los valores más altos de Plomo, Hierro, Cromo y Cinc se relacionan con valores elevados de DQO. Surge también que los valores de DQO, DBO, Sulfuros, Fenoles, SS10, SS2h, se relacionan con las muestras de la salida del caño cloacal de ABSA. Esta situación nos permite concluir que no se cumple con la Ley de Pesca 11.477 (Buenos Aires), que en su art 13° inciso a) determina que: queda

prohibido en toda la jurisdicción de la Provincia: arrojar, colocar, hacer o dejar llegar a las aguas en forma permanente o transitoria, sustancias nocivas para la biología marina. Como punto anexo tampoco se cumple con la Ley N° 24.375 referente al Convention on Biological Diversity (Tratado Internacional jurídicamente vinculante) efectuado en la Cumbre de la Tierra de las Naciones Unidas realizada en Río de Janeiro de 1992 y a la recomendación A/C.2/70/L.39 (2015) de la Asamblea General de las Naciones Unidas sobre la Aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica y su contribución al desarrollo sostenible. De las muestras de peces, moluscos, crustáceos se analizaron los contenidos Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Zinc (Zn) Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) en branquias, hígado y musculo de especies de sciaenidae (corvina), pez sapo, Camarón, Ostrea+Mitylus, Langostino, raya/tiburón, Odontestes (Pejerrey) y Langostino/camarón sobre peso húmedo, procedentes de la zona costera de la Ria de Bahía Blanca a la altura de Ing. White, Puerto Galván. En la Tabla N° 6 se indican los valores encontrados y señalados en rojo los valores que exceden la normativa nacional e internacional asociadas a la posibilidad de consumo humano. En las Tabla N°7 se presentan los niveles guía admisibles del Código Alimentario. En ellos se encontró un elevado contenido de metales pesados en sciaenidae (corvina) Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) en musculo en valores de 0,63 mg/kg y 2,37 mg/kg sobre peso húmedo. En musculo de pez sapo (sp sin determinar) en Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (PB) en valores de 0,65 mg/kg, 1,55 mg/kg sobre peso húmedo. Por otro lado en Camarón, Ostrea+Mitylus y Langostino enteros se encontró altos niveles de Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (PB) y Cobre (Cu). En el caso de camarón se encontró un nivel de 0,51 mg/kg Cadmio (Cd), 5,85 mg/kg Cromo (Cr) 22,0 mg/kg Plomo (PB) y 14,67 mg/kg Cobre (Cu). Para Ostrea+Mitylus: 0,60 mg/kg Cadmio (Cd), 1,67 mg/kg Cromo (Cr), 2,04 mg/kg Plomo (PB), 271,59 mg/kg Cobre (Cu). Para Langostino 0,57 mg/kg Cadmio (Cd), 5,25 mg/kg Cromo (Cr), 21,9 mg/kg Plomo (PB), 17,34 mg/kg Cobre (Cu) todos estos valores sobre peso húmedo. También se encontraron valores elevados en Odontestes (Pejerrey) en musculo en nivel de 0,51 mg/kg Cadmio (Cd), 2,46mg/kg Cromo (Cr) y en langostino+camaron en niveles de 5,5 mg/kg Cromo (Cr), 18,5mg/kg Plomo (PB). Los valores encontrados superan en

muchos casos el 1200% al valor permitido para el consumo humano por el Código alimentario

Tabla N°5 – Resultados de los parámetros analizados por la DDAPF.

IDENTIFICACION		Características Generales											
	Empresa	pH	Temperatura °C	Conductividad μS/cm	DQO mg/L	DBO mg/L	Sulfuros μg/L	Fenoles mg/L	ss 10 mL/L	ss 2h mL/L	SSE mg/L	Microbiológicas NMP/100mL	Profundidad
1	TGS adentro	8,66	23,0	7490	<10	4	nd	-	-	-	-	-	-
2	TGS afuera	8,72	23,8	7430	166	5	0,008	-	-	-	-	-	-
3	Mega	7,93	22,9	832	<10	3	0,006	-	-	-	-	-	-
4	Mega afuera	9,07	23,2	1787	<10	9	0,076	nd	-	-	-	-	-
5	Profertil adentro	9,1	23,9	1496	<10	nd	0,013	nd	-	-	-	-	-
6	Profertil afuera	8,24	22,0	209.5	460	nd	0,055	0,2	-	-	-	-	-
7	Petrobras adentro	8,89	23,8	3630	122	1	0,088	nd	-	-	-	-	-
8	Petrobras afuera	8,72	23,3	6730	98	13	0,084	nd	-	-	-	-	-
9	Uniparindupa	8,51	23,4	53200	<10	5	0,32	nd	-	-	-	-	-
10	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	8,55	24,4	13100	255	5	0,029	0,3	-	-	-	-	-
11	Av.18 de Julio y Colector lado empresas	8,56	24,3	23000	<10	2	0,041	nd	-	-	-	-	-
12	ABSA estuario 1	8,1	13,8	248	152	108	0,041	0,3	0.1	1.2	84	>2400 + coli	-
13	ABSA estuario 2	8,1	13,6	195	154	12	0,002	nd	nd	nd	198	>2400 + coli	-
14	ABSA camino de tierra y ruta 3	7,6	15,2	179,7	1456	108	4,373	3,1	1	2	74	>2400 + coli	-
15	ABSA arroyo pareja afuera	8,1	18,6	370	58	18	0,046	-	-	-	-	>2400 + coli	-
16	Oiltanking M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 m bajo boca de pozo
17	Oiltanking M2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05 m bajo boca de pozo
18	Oiltanking M3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91 m bajo boca de pozo
19	Oiltanking M4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,25 m bajo boca de pozo
	Nivel guía 336/03 831/97	6,3-10	≤45		≤250	≤0,5	≤1	0≤,5	ausencia	≤1	≤50		

Fuente: Laboratorio del DDAPF

Asimismo, se encontraron valores elevados en el resto de las muestras de branquias e hígado en niveles que afectan el desarrollo y ciclo de vida de las especies analizadas. Solamente se encontraron valores por debajo del nivel de detección de plomo (Pb) en musculo de Sciaenidae (corvina), de mercurio (Hg) en hígado de pez sapo, de mercurio (Hg) en moluscos bivalvos, en cadmio (Cd) y de plomo (Pb) en hígado y musculo de Odontestes (Pejerrey).

Tabla N°6 – Contenido de metales pesados en tejidos de ecosistema Marino. Expresado en mg/kg sobre peso húmedo.

Especie	Tejido	Muestra	Hierro (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Sciaenidae	branquias	bolsa	378	0,75	6,96	16,6	43,8	0,043	25,34
Sciaenidae	hígado	bolsa	400	0,16	1,64	1,8	45,6	0,016	12,90
Sciaenidae	hígado	frasco 3	370	0,12	2,30	1,5	39,2		
Sciaenidae	músculo	bolsa	9,5	0,63	2,37	<0,003	23,4	0,012	1,07
Pez sapo	branquias	bolsa	374	0,53	5,69	13,6	56,1	0,185	5,21
Pez sapo	hígado	bolsa	94	0,67	1,50	1,6	38,0	<0,008	29,6
Pez sapo	hígado	frasco 4	98,6	0,55	1,50	1,3	37,3		21,3
Pez sapo	músculo	bolsa	<6,5	0,65	1,55	1,6	24,0	0,028	0,74
Camarón	entero	bolsa	434	0,51	5,85	22,0	76,8	0,144	14,67
Ostrea + Mitylus	entero	frasco 5	395	0,60	1,67	2,04	61,1	<0,009	27,2
Langostino	entero	bolsa	333	0,57	5,25	21,9	78,8	0,304	17,34
Raya/tiburón	hígado	frasco 1	206	0,61	2,05	0,70	43,1	0,013	4,96
Odontestes	branquias	frasco 2	79	0,26	8,60	3,15	98,0	0,012	1,72
Odontestes	músculo	frasco 2	11,4	0,51	2,46	<0,02	55,3	0,010	2,41
Odontestes	hígado	frasco 2	77,8	<0,05	11,3	<0,02	125	0,043	2,06
Langostino /camarón	entero	frasco 6	412	0,46	5,50	18,5	77,4	0,154	

Fuente: elaboración propia

En rojo se señalan aquellos valores que superan el límite permitido por el código alimentario argentino. Se toman solo los valores de musculo y de especies enteras ya que es lo que se consume por parte de la población. Sin embargo, podemos observar que la bioacumulación en branquias y en hígado superan ampliamente estos límites casi duplicando los niveles de concentración como en el caso de Cromo (Cr) y Cobre (Cu).

llegan a desarrollarse a tamaño comercial. Esta situación hace que se alteren la cadena trófica del ecosistema marino de la Ria de Bahía Blanca. Es de destacar que la mayoría de los individuos analizados eran formas juveniles y ya muestran niveles de bioacumulación preocupantes para su sobrevivencia.

Tabla N°7 – Niveles de concentración admisible presentes en el Código Alimentario. Expresado en mg/Kg sobre peso húmedo.

Metal Pesado	Cadmio (mg/Kg)	Cromo (mg/Kg)	Cinc (mg/Kg)	Cobre (mg/Kg)
Pescados crudos, congelados o refrigerados	0,05 ²	0,3	100	10
Moluscos cefalópodos	2	1		
Moluscos bivalvos	2,0	1,5		
Crustáceos	0,5	0,5		

Fuente: Código Alimentario Argentino

Tabla N°8 – Niveles de concentración admisible presentes en normativas internacionales para el consumo. Expresado en mg/kg sobre peso húmedo.

Falta que normativa es para mercurio

	Mercurio (mg/kg)
Pescados, excepto predadores	0,5
Pescados predadores	1
Moluscos cefalópodos	0,5
Moluscos bivalvos	0,5
Crustáceos	0,5
Standar Brasil (2001)	Cromo (mg/kg)
Peces y moluscos	0,1

Si tomamos en cuenta que todos los metales pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos y sabiendo que sus concentraciones, en ausencia de contaminación, son muy bajas, es que los códigos alimentarios prevén un determinado nivel de presencia de estos en los alimentos. Los metales pesados se encuentran en estas aguas como coloides, partículas minerales (sólidos en suspensión), o fases disueltas (cationes o iones complejos). Las formas coloidales

² Excepciones: bonito, mojarra, anguila, lisa, jurel, emperador, caballa, sardina, atún y acedía o lenguadillo se establece 0,10. Para melba se establece 0,20 y para anchoa y pez espada se establece 0,30.

suelen dar lugar a la formación de hidróxidos, mientras que las partículas sólidas incluyen una gran variedad de minerales. Las fases disueltas pueden a su vez ser capturadas por adsorción o absorción en arcillas o hidróxidos. Adicionalmente, los compuestos orgánicos pueden constituir fases con gran capacidad de captura de cationes metálicos, que en ocasiones dan lugar a fases extremadamente tóxicas por ejemplo el metilmercurio.

A su vez la química del sistema acuoso regula las tasas de adsorción-absorción en el sistema agua-sedimento. La adsorción remueve el metal de la columna de agua; la desorción lo incorpora nuevamente a ésta. Los parámetros que regulan el sistema son: la salinidad, el potencial redox (Eh), y el pH (Gil, M. N. et al, 2006). La bioacumulación de metales pesados encontrada en todas las muestras de remitidas es de alta peligrosidad para la salud humana y altamente toxico para el desarrollo y crecimiento de las especies identificadas en la muestra.

La selección de moluscos como organismos centinelas, responde a su reconocida capacidad como bioindicadores de contaminación por metales; en particular el género *Mytilus*, ha sido ampliamente utilizado en programas internacionales de contaminación (Chase et al. 2001, Green & Knutzen 2003, Andral et al. 2004, Camus et al. 2004). En la Ría de Bahía Blanca en la zona próxima a Ingeniero White se ha detectado una alta concentración de Cadmio, Cromo, Plomo y Cobre en las muestras analizadas.

Las actividades antropogénicas existentes en las márgenes del estuario de Bahía Blanca contribuyen a la emisión de elementos metálicos a la atmósfera como otra forma de incorporación de estos elementos a los cursos de agua. Cabe señalar que al comparar las emisiones globales de elementos como selenio, mercurio y manganeso se realizan en su mayoría por fuentes naturales; sin embargo, en el plano regional las fuentes antropogénicas pueden contribuir de manera importante y estos metales se convierten en contaminantes en la escala local como otra forma de ingreso al sistema evaluado.

La concentración de altos niveles de Cadmio (Cd 0,60 mg/kg), de Cromo (Cr 1,67 mg/kg), de Plomo (Pb 2,04 mg/kg) y de Cobre (Cu 271,59 mg/kg) en *Mytilus* (mejillón) como especie testigo sobre la contaminación del ecosistema y no habiendo encontrado niveles superiores a los determinados por la 336/03 y por la 831/97, en sedimentos, aguas de la Ría y aguas de vertidos de las industrias plantea ciertos interrogantes:

- i. Los niveles de vuelco de las actividades humanas superan los 100 millones de litros diarios (Tabla N°9) por lo que introduce la duda sobre las cargas contaminantes de estos vuelcos y los niveles de vuelco permitidos en la Resolución 336/03. Con respecto a este punto sería fundamental analizar la posibilidad de la incorporación de caudalímetros con muestreo automático para evitar la manipulación de muestras o la falta de evaluación del proceso completo de producción o la imposibilidad de contar con un control 24 horas de estos vuelcos.
- ii. Las características bentónicas (se llama bentónica a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos) de las especies evaluadas (*Mytilus* sp. y *Ostrea* sp.) y de especies demersales (especies de peces que viven cerca del fondo del mar) como la corvina rubia, el langostino y el camarón evidencian que es probable que parte de los contaminantes se encuentren en los sedimentos marinos, sin embargo la falta de evidencia en el muestreo realizado, plantea la necesidad de: i. generar un muestreo integral y representativo de la ría en su conjunto, ii. Analizar la dinámica de las mareas y del movimiento (corrientes) del agua para identificar posibles zonas de deposición de elementos contaminantes.

Tabla N°9 - Caudales de vuelco por actividad antropogénica a la Ria de Bahía Blanca.

Aportes ABSA Sistema Cloacal	Caudal m ³ por día ³	
Bahía Blanca	65.0 00,0 0	
Gral. Cerri	1.50 0,00	
Punta Alta	10.0 00,0 0	
Ing. White	7.50 0,00	
Total	84. 000 ,00	
Aporte Industriales al estuario	Caudal m ³ por día	Caudal m ³ por día ⁴
Profertil	3.90 0,00	7.687,2 ⁵
Petrobras	690, 00	763,2
Mega	340, 00	427,2
Solvay (unipar) y PBB	5.33 5,00	8.848,8
Cargill	864, 00	820,8
TGS	200, 00	141,6
Total	11. 329	18.688,8

3Helfner, M. 2003 - Comité Técnico ejecutivo Ley 12.530

4Convenio MBB - UTN FRBB (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. Periodo evaluado 2003-2012

5Si bien el caudal promedio diario del periodo 2003-2012 se encuentra dentro de los informado como caudal de efluentes en el Informe de Impacto Ambiental de Dames y Moore 1997 estimado en 8.064 m³/día en el último año de este periodo (2012) se elevó a 12.733,92 m³/día, cambiando la evaluación de la carga másica en ese año.

	,00	
Las empresas del Polo Consumen		
	33.3	33.
	33,3	33
Agua Cruda	3	3,3
		3
	16.6	16.
	66,6	66
Agua Potable	7	6,6
		7
	50.0	50.
	00,0	00
Total	0	0,0
		0
Diferencia consumida por el proceso industrial	38.	31
	671	.3
	,00	11
		,2
		0

Fuente: Elaboración propia en base a Helfner, M. (2003) Convenio MBB – UTN FRBB (2014)

Uno de los elementos que nos surgen como clave en este análisis es el que se desprende de la Tabla N° 9. Tenemos que considerar que la presencia de metales pesados en vertidos de las industrias y operadores en las márgenes de la Ría, aunque todos ellos dentro de los niveles guía permitidos por la Resolución 336/03 genera, frente al nivel de metales pesados hallados en todas las especies de peces, crustáceos y moluscos bivalvos analizados, por lo menos la duda razonable sobre los sistemas de tratamiento de efluentes y de control por parte de los organismos provinciales. Uno de los puntos que consideramos como clave en esta apreciación, es la evaluación de la carga contaminante o carga másica (Decreto N°831/97) que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual a un lugar o cuerpo de agua. Se plantea el concepto de la duda razonable ya que si evaluamos el conjunto de vertidos a la Ría el conjunto de empresas del Polo Petroquímico vuelca un total de entre 11 y 18 millones de litros de efluentes por día, sumándose a esto lo volcado por el sistema cloacal que aporta 84 millones de litros por día.



A.E. RENDINA.



A. Rendina

Agosto de 2018

Dra. Alicia F. de Iorio (Cátedra de Química Inorgánica y Analítica)
Dra. Alicia Rendina (Cátedra de Química Inorgánica y Analítica)
Ing. Agr. Gustavo Mozeris (Cátedra de Sistemas Agroalimentarios)

Bibliografía

1. Aliotta, S., Farinati, E. GINSBERG, S. S. 1987. Un nivel conchilífero en el subsuelo de Ingeniero White, Provincia de Buenos Aires, Argentina. X Congreso Geológico Argentino, Actas I: 123-127.
2. Aliotta, S., Farinati, E. 1990. Stratigraphy of Holocene sand-shell ridges in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Geology* 94:353-360.
3. Aliotta, S., G. Lizasoain, G. Lizasoain, W.1992. Sedimentos subsuperficiales entre Puerto Galván e Ingeniero White, canal principal del estuario de Bahía Blanca, Argentina. 3ras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas: 213-217.
4. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2015). *Informe bacteriológico final* (UNS informe enero diciembre)
5. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2003). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
6. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2004). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
7. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2009). *Evolución del estado de contaminación de origen fecal en la zona estuarial próxima a la descarga de la cloaca: "Tercera Cuenca"*. (UNS informe de avance)
8. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2010). *Informe de los estudios bacteriológicos realizados durante 2010 en aguas y sedimentos del Estuario de Bahía Blanca*.
9. Baldini, M. D., Cubitto, M. A., & Chiarello, M. N. (2011). *Estudios bacteriológicos realizados en aguas y sedimentos del estuario de Bahía Blanca*. (UNS informe final)
10. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2012). *Monitoreo bacteriano en aguas y sedimentos del estuario, en inmediaciones del balneario Maldonado, y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª cuenca Bahía Blanca y desarrollo de la metodología para la realización de ensayos toxicológicos sobre microorganismos*. (UNS informe final abril-octubre)
11. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2013). *Monitoreo bacteriano en aguas y sedimentos del estuario, en inmediaciones del balneario Maldonado, y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª cuenca Bahía Blanca y Ensayo microtox*. (UNS informe final enero-junio)

12. Baldini, M. D., & Costamagna, S. R. (2014). Análisis bacteriológico en aguas y sedimentos en inmediaciones del balneario Maldonado, en los afluentes del estuario y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª Cuenca Bahía Blanca. (UNS informe final integrado de agosto del 2013 a julio 2014).
13. Baldini, M. D., & Streitenberger, M. E. (2015). Aguas y sedimentos en inmediaciones del balneario Maldonado, en los afluentes del estuario y en el efluente de la planta depuradora de líquidos cloacales de la 3ª Cuenca Bahía Blanca (PTLC) y Búsqueda de escherichia coli y vibrios potencialmente patógenos en aguas y tejidos de ostras en el estuarios de Bahía Blanca y en el Los Pocitos. (UNS informe final enero- diciembre 2015)
14. Campaña, D. H., Bambill, E., Sartor, A., Cifuentes O., Frank C., Zalba S., & Escudero D. (2011). *Análisis de viabilidad ambiental- proyecto regasificadora y dragado en Puerto Cuatros* (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca).
15. Cifuentes, O.I., & Escudero, D.K. (2016). *Estrategias para la preservación de los humedales del estuario de Bahía Blanca*. (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca).
16. Curci, O. 1994. Toxicología. Editorial López Libreros. Buenos Aires.
17. Dreisbach, R.H. y Robertson, W.O. 1988. Manual de toxicología clínica: Prevención, diagnóstico y tratamiento (6ª edición). México: El Manual Moderno, S.A. de C.V.
18. Estudio de tecnología alimentaria. (2009). Control de cuerpos receptores de ría de Bahía blanca, metales pesados en crustáceos. Responsable: Quintana, J.M.
19. Escudero, D., Cifuentes, O., & Medus, S. *FODA ambiental del estuario de Bahía Blanca*.
20. Esteves, J. 2009. Contaminación costera marina. Metales pesados. Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino
21. Fabrizio de Iorio, A. 2012. Mesa 1: Dragado y disposición de lodos del Riachuelo. Facultad de Agronomía - UBA. [Http://www.fundacionciudad.org.ar/pdf/Foro_Amby_CABA/FABRIZIO%20DE%20IORIO.pdf](http://www.fundacionciudad.org.ar/pdf/Foro_Amby_CABA/FABRIZIO%20DE%20IORIO.pdf)
22. Faverio, C. "Escalas ecológicas – Restauración de un paisaje en extinción". Tesis de Investigación sobre Problemática Ambiental Cuenca Río Matanza-Riachuelo.

23. Farinati, E., 1985. Paleontología de los sedimentos marinos holocenos de los alrededores de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 21(2-4):211-222.
24. Fidalgo, F., Laza, J. H., Porro, N., Tonni, E. 1978. Algunas características de Formación Chasicó y sus relaciones geológicas. Séptimo Congreso Geológico Argentino, Actas I: 213-225.
25. Fidalgo, F., Laza, J. H., Porro, N., Tonni, E. 1987. Geología del área de la Laguna Chasicó (Partido Villarino, Pcia. de Buenos Aires) y aspectos bioestratigráficos relacionados. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XLII(3-4):407-416.
26. Gauna, M. C., Fernandez, C., & Croce, M. E. (2016). *Evaluación de la ecotoxicidad del agua y sedimento en la zona interna del estuario de Bahía Blanca* (Informe final 2015-2016)
27. Gil, M.N. et al 2006. "Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental" *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(2): 167-176.
28. Gómez E.A., Ginsberg S.S. y Perillo G.M.E. (1996) publicado en *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* versión impresa ISSN 1853-6360 Rev. Asoc. Argent. Sedimentol. vol.3 no.2 La Plata dic. 1996 Geomorfología y sedimentología de la zona interior del canal principal del estuario de Bahía Blanca
29. Hadad, H. R., & Maine, M. A. (Ed.). (2016). *Memorias de la III Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales para el Tratamiento y Mejoramiento de la calidad del Agua*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral
30. Helfner, M. (2003) "Aportes de agua a la ría de Bahía Blanca". Comité Técnico Ejecutivo Ley 12.530 Secretaría de Política Urbano Ambiental.
31. Instituto de análisis Fares Taie, división de alimentos y medio ambiente. (2014). *Análisis físico químico de producto: pescadilla entera congelada* (100501). Responsable: Medici, S. K.
32. Instituto Argentino de Oceanografía, Microbiología Ambiental, & Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo. (2008). *Programa de monitoreo de la calidad ambiental de la zona interior del estuario de Bahía Blanca* (informe final).
33. Irwin, R.J., M. VanMouwerik, L. Stevens, M.D. Seese, and W. Basham. 1998. *Environmental Contaminants Encyclopedia*. National Park Service, Water Re-

- sources Division, Fort Collins, Colorado. Distributed on the Internet via the Nature Net portion of the Park Service Home Page (www.nps.gov)
34. Laboratorio de Química Marina (LQM) & Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). (2004). Estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca. (Periodo 2003-2004)
 35. Malpartida, A. 2003. La cuenca Río Matanza – Riachuelo. Revisión de antecedentes de Recursos Naturales. Compuestos xenobióticos y otros polutantes en la cuenca. UTN – Universidad Tecnológica Nacional- República Argentina.
 36. Moretton, J. 2012. Mesa 1: Dragado y disposición de lodos del Riachuelo. Facultad de Agronomía- UBA.
 37. Municipalidad de Bahía Blanca & Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET / UNS). (2016). *Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca*. (Informe final 2015-2016)
 38. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaría de gestión ambiental. (2010). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma ría de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2009 y 2010)
 39. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaría de gestión ambiental. (2011). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma ría de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2011)
 40. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaría de gestión ambiental. (2012). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2012)
 41. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaría de gestión ambiental. (2013). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2013)
 42. Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, subsecretaría de gestión ambiental. (2014). *Monitoreo de cuerpos receptores, subprograma estuario de Bahía Blanca*. (enero-diciembre 2014)
 43. OMS: "Estrategia Mundial de Salud para todos en el año 2000". 30ª Asamblea Mundial de la Salud. Ginebra 1977.
 44. Pérez Vázquez, Ramón G. 2011. Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana. Departamento de Geología, Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río. Cuba. http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:Efecto_de_los_metales_pesados_en_la_salud_humana#N.C3.ADquel

45. Petracci, P. 2011. "Aves marinas y costeras de la ría de Bahía Blanca". Fuente: La Nueva Provincia, Sección Opinión 21 de agosto de 2011.
46. Piccolo, M. C., Perillo, G. M. E 1990. Physical Characteristics of the Bahía Blanca Estuary, Argentina. Estuarine, Coastal and Shelf Science 31: 303-317.
47. Sartor, A., & Zalba, S. M. Gestión integral y participativa del estuario de Bahía Blanca, un imperativo para el desarrollo sostenible (UTN, Facultad Regional de Bahía Blanca)
48. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca & Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo. (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.