



Aportes de Zinc al estuario bahiense



Universidad Tecnológica
Nacional

Facultad Regional Bahía Blanca



Tesis de Maestría en
Ingeniería Ambiental.

Tesista: Esp. Ing. César H. Pérez
Director: Mg. Ing. Olga Cifuentes
Codirector: Mg. Ing. Daniela Escudero

Bahía Blanca, 2017

*A mi señora Ma. Alejandra
A mis hijos Ma. Pilar, Andrés, Ma. Julia y Agustín*

*“No tenemos en nuestras manos
las soluciones para los problemas del mundo.
Pero frente a los problemas del mundo,
tenemos nuestras manos. Cuando el Dios
de la historia venga, nos mirará las manos.”
(Mamerto Menapace)*

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

RECONOCIMIENTOS

El desarrollo de esta tesis ha sido posible gracias a la colaboración, a la comprensión y a las palabras oportunas de muchas personas, a las que debo gratitud perdurable, sin ellas no podría haber concluido esta investigación.

A la Directora de esta tesis Mg. Ing. Olga Cifuentes y a la Co-directora Mg. Ing. Daniela Escudero, por confiar en este proyecto, por su paciencia, haber sido ambas, en todo momento, la voz que me animó a continuar; por sus valiosas contribuciones y hacer posible la finalización de la tesis, que me ha dejado gran satisfacción y un invaluable crecimiento personal.

Mi agradecimiento a Silvina Medus por su valioso tiempo, colaboración y contribución en la elaboración de la cartografía.

A los docentes de la carrera de Maestría en Ingeniería Ambiental y al Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA) de la UTN-FRBB, que me brindaron su capacidad y experiencia para enriquecer mi carrera profesional comprometida con el medio ambiente.

A mis compañeros de maestría por compartir con entusiasmo cada una de las etapas del proceso de aprendizaje. Mención especial a Emanuel y Luciano con quienes conformamos un inseparable equipo multidisciplinario en aquellas tareas grupales.

Agradezco el aporte brindado por los profesionales del Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca, por el tiempo que me dedicaron para que pudiera aclarar las dudas generadas de los documentos consultados.

Finalmente a mis padres que me enseñaron los valores que poseo, fundamentales en la vida de un ser humano, honestidad, respeto hacia los demás, compromiso, compañerismo y dedicación al trabajo.

Muchísimas gracias a todos.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. METODOLOGÍA	9
1.1 Universo de estudio	10
1.2 Fuentes Primarias	10
1.3 Fuentes secundarias	11
1.4 Instrumentos	12
1.5 Cartografía	13
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Producción y utilización del Zn.	16
2.2 Propiedades físico-químicas del Zn	19
2.3 Efectos adversos del Zn sobre la salud humana	20
2.3.1 Efectos por la inhalación de compuestos de Zn	22
2.3.2 Efectos por exposición oral a compuestos de Zn	22
2.3.3 Efectos por exposición cutánea a compuestos de Zn	23
2.4 Efectos adversos del Zn sobre organismos acuáticos	23
2.5 Interacciones de Zn con otros metales	28
2.5.1 Interacción Zn-Cd	28
2.5.2 Interacción Zn-Cu	28
2.5.3 Interacción Zn-Pb	28
2.6 Concentraciones en la naturaleza	29
2.7 Escorrentía superficial urbana	30
2.7.1 Zn proveniente de los techos	32
2.7.2 Zn proveniente del polvo de las calles	35
2.8 Deposición atmosférica	39
3. MARCO LEGAL	47
3.1 General	48
3.2 Leyes nacionales	48
3.3 Leyes, Decretos y Resoluciones de la Pcia de Buenos Aires	52
3.4 Ordenanzas municipales	56
3.5 Niveles de referencia	57

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	63
5. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	79
5.1 Estudios en agua y sedimento del Estuario	81
5.2 Estudios en peces del Estuario	83
5.3 Descargas de líquidos industriales y cloacales urbanos	86
5.4 Aguas Subterránea	87
5.5 Deposición atmosférica	87
5.6 Antecedentes de contexto general	89
6. RESULTADOS	91
6.1 Identificación de sectores impactados en el Estuario	92
6.2 Descargas puntuales sobre el estuario de Bahía Blanca	97
6.2.1 Descargas industriales Polo Petroquímico y Área Portuaria	98
6.2.2 Descargas Cloacales	98
6.2.2.1 General	98
6.2.2.2 Colector principal cuenca Bahía Blanca	100
6.2.2.3 Colector de la tercera cuenca	101
6.2.3 Aguas subterráneas	101
6.3 Estudios sobre descargas naturales	102
6.4 Escorrentía superficial urbana	103
6.4.1 Zn de los techos	103
6.4.2 Zn proveniente de las calles	104
6.5 Deposición atmosférica	106
6.6 Fuentes difusas	106
6.7 Total de Aportes de Zn al estuario	110
7. CONSIDERACIONES FINALES	115
7.1 Conclusiones	116
7.2 Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA	121
SITIOS DE INTERNET CONSULTADOS	131
ANEXOS	
Anexo A - Concentración de Zn en agua y sedimento en el estuario.	133
Anexo B - Concentración de Zn en las descargas industriales y cloacales.	145
Anexo C - Planilla de resultados programa ProUCL - Análisis ANOVA	
Zn disuelto en agua y en sedimentos estaciones del estuario.	161

Anexo D - Planilla de resultados programa ProUCL – Cálculo media	
Zn disuelto y caudales en descargas industriales y cloacales.	167
Anexo E – Planilla de resultados programa ProUCL Cálculo media	
Zn disuelto en aguas subterráneas	171
Anexo F – Estimación toneladas de Zn por escorrentía de techos.	175

REFERENCIAS

LISTA DE TABLAS

Tabla N°. 1	Minerales Comerciales de Zn.	17
Tabla N°. 2	Compuestos de Zn y sus aplicaciones industriales.	18
Tabla N°. 3	Niveles naturales de Zn total en el ambiente.	30
Tabla N°. 4	Zn en escorrentía de techos.	35
Tabla N°. 5	Concentración de Zn proveniente de polvo de calles.	37
Tabla N°. 6	Partículas sedimentables en áreas del mundo.	43
Tabla N°. 7	Deposición atmosférica de Zn, provincia de Córdoba.	44
Tabla N°. 8	Deposición atmosférica de Zn diferentes lugares del mundo.	45
Tabla N°. 9	Niveles de referencia para Zn disuelto en agua del estuario.	58
Tabla N°. 10	Niveles de referencia para Zn disuelto en agua dulce.	59
Tabla N°. 11	Nivel de referencia para Zn disuelto en agua subterránea.	59
Tabla N°. 12	Niveles de referencia para Zn en sedimento estuario.	60
Tabla N°. 13	Límites Máximos Admisibles según Cuerpo Receptor.	60
Tabla N°. 14	Concentración de Zn aceptados en musculo de peces.	61
Tabla N°. 15	Niveles de Zn según Ordenanza Municipal.	61
Tabla N°. 16.1	Geoposición descargas industriales.	72
Tabla N°. 16.2	Geoposición descargas cloacales.	73
Tabla N°. 16.3	Geoposición descargas naturales.	73
Tabla N°. 17	Porcentaje monitoreos superó valor del Decreto 831/93.	82
Tabla N°. 18	Valores de Zn en musculo.	84
Tabla N°. 19	Valores de Zn en hígado.	85
Tabla N°. 20	Deposición de partículas sedimentables en Bahía Blanca.	88
Tabla N°. 21	Deposición atmosférica de Zn en el área de estudio.	89
Tabla N°. 22	Concentración media de Zn disuelto en el estuario.	96
Tabla N°. 23	Concentración media de Zn sedimentos en el estuario.	97
Tabla N°. 24	Conc. media de Zn sedimentos en el estuario s/valores atípicos.	97
Tabla N°. 25	Conc. media de Zn disuelto y caudal descargas industriales.	99
Tabla N°. 26	Zn generado por el desgaste de neumáticos.	105
Tabla N°. 27	Concentración de Zn zona costera inundable del ex basural.	109
Tabla N°. 28	Aportes de Zn al estuario.	111

Tabla A.1 Concentración de Zn disuelto estaciones del estuario.	135
Tabla A.2 Concentración de Zn en sedimentos estaciones del estuario	140
Tabla B.1 a B.16 Concentración de Zn en efluentes industriales y cloacales.	147
Tabla C.1 a C.7 Salida programa ProUCL, ANOVA estaciones del estuario.	163
Tabla D.1 Salida programa ProUCL datos Zn disuelto industrias y cloacal.	169
Tabla D.2 Salida programa ProUCL datos caudal descarga industrial y cloacal.	170
Tabla E.1 Salida programa ProUCL datos aguas subterráneas (pozos).	173
Tabla F.1 Calculo detallado escorrentía por techos.	177

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°. 1 Porcentaje de población urbana y proyección 2030.	31
Gráfico N°. 2 Relación entre cobertura impermeable y escorrentía superficial.	31
Gráfico N°. 3 Regresión lineal escorrentía de techos.	104
Gráfico N°. 4 Cuadro Resumen.	113

LISTA DE FIGURAS

Figura N°. 1 Radio de partículas de aerosoles	41
Figura N°. 2 Localización del estuario de Bahía Blanca.	65
Figura N°. 3 Cuencas hídricas de las descargas naturales.	67
Figura N°. 4 Dist. Geográfica población y depuradora a la cual descargan.	69
Figura N°. 5.1 Localización descargas naturales y antrópicas al estuario.	75
Figura N°. 5.2 Localización estaciones de muestreo en el estuario.	77
Figura N°. 6 Industrias que podrían aportar Zn al sistema cloacal.	100
Figura N°. 7 Localización muestreo de descargas naturales.	103
Figura N°. 8 Ubicaciones de los sitios de muestreo ex basural	107

LISTA DE FOTOS

Foto N°. 1 Típica escorrentía de techo.	34
Foto N°. 2 Vista del canal artificial Maldonado.	71
Foto N°. 3 Vista de un canal a cielo abierto.	71

Foto N°. 4	Vista del arroyo Napostá.	72
Foto N°. 5	Residuos ex basural Belisario Roldan.	108
Foto N°. 6	Ánodo nuevo y su estado final.	110

LISTA DE ABREVIACIONES

- ADA – Autoridad del Agua, Provincia de Buenos Aires.
- AGOSBA – Administración General de Obras Sanitarias de Buenos Aires.
- ANOVA – Analysis of Variance (Análisis de Varianza)
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades).
- CAA - Código Alimentario Argentino.
- CCyM – Comité de Control y Monitoreo.
- CGPBB – Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca.
- CNUMAD - Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- COFEMA - Consejo Federal del Medio Ambiente.
- CPI – Consorcio Parque Industrial
- CREHA – Control de Residuos e Higiene en Alimentos.
- CTE - Comité Técnico Ejecutivo.
- E – Estaciones de monitoreo en el estuario.
- EFSA - European Food Safety Authority (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria).
- EPA – Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).
- ERL - Effects Range Low (Rango de Efectos Bajos).
- ERM - Effects Range Median (Rango de Efectos Medios).
- FAO - Food and Agricultural Organization (Organización para Alimentación y Agricultura).
- GMC - Grupo Mercado Común del MERCOSUR.
- IADO - Instituto Argentino de Oceanografía.
- IADS – Instituto Argentino para el Desarrollo Sustentable.
- ILZSG - International Lead and Zinc Study Group (Grupo Internacional de Estudio de Plomo y Zinc).
- INDEC – Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry (Unión Internacional de Química Pura Aplicada).
- IZA – International Zinc Association (Asociación Internacinal del Zinc)

HDL - Lipoproteínas de Alta Densidad.
LD – Límite de Detección.
LOAEL – Lowest-Observed-Adverse Effect Level (Nivel Mínimo con Efecto Adverso Observable).
MBB - Municipalidad de Bahía Blanca.
MEPC - Marine Environment Protection Committee.
MERCOSUR – Mercado Común del Sur.
ND – No Detectable.
NIH - National Institutes of Health.
MRL - Minimal Risk Level (Nivel Mínimo de Riesgo).
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Oceánica y Atmosférica).
NOAEL – No-Observed-Adverse-Effect Level (Nivel sin Efecto Negativo Observable).
OIT – Organización Internacional del Trabajo.
OMI - Organización Marítima Internacional.
OMS - Organización Mundial de la Salud.
OPDS - Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible.
PE – Poder Ejecutivo Provincia de Buenos Aires.
PEL - Probable Effect Level (Nivel de Efecto Probable).
PIM - Programa Integral de Monitoreo.
PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
RDA - Recommended Dietary Allowance (Cantidad Diaria Recomendada).
RSU – Residuos Sólidos Urbanos.
SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Animal.
TEL - Threshold Effect Level (Nivel de Efecto Umbral).
UE - Unión Europea.
UL - Tolerable Upper Intake Level (Nivel de Ingesta Superior Tolerable).
UNS – Universidad Nacional del Sur.
UTN – Universidad Tecnológica Nacional.
WHO - World Health Organization (Organización Mundial de la Salud).
WMW - Wilcoxon-Mann-Whitney
Zn – Zinc.

UNIDADES

°C	grado centígrado.
g / kg	gramo por kilogramo.
g / km	gramo por kilómetro.
g / m ² - año	gramo por metro cuadrado por año.
kg / km ² - año	kilogramo por kilómetro cuadrado por año.
m ³ / s	metro cúbico por segundo.
mg / día	miligramo por día.
mg / kg	miligramo por kilogramo de peso.
mg / kg / día	miligramo por kilogramo de peso por día.
mg / L	miligramo por litro.
mg / m ³	miligramo por metro cúbico.
mm / año	milímetros por año.
nm	nanómetro.
tn	toneladas.
µg / g	microgramo por gramo.
µg / L	microgramo por litro.
µg / m ³	microgramo por metro cúbico.
µm	micrómetro.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

RESUMEN

A partir de la detección de Zinc (Zn) en agua, sedimentos y peces del estuario de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, República Argentina), la presente tesis tiene como objetivo principal indagar y analizar las posibles fuentes que incorporan el Zn al estuario. La presencia de este metal, advierte sobre la posibilidad de un probable impacto no sólo ecológico, sino también social y económico.

En primera instancia, a fin de orientar la búsqueda y para contar con un marco teórico actualizado sobre el Zn, se realiza una revisión bibliográfica nacional e internacional sobre su origen, efectos sobre la salud y el medioambiente (detección en agua, sedimentos y peces), fuentes y productos que lo contienen, acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente que lo incluyen, así como leyes y decretos argentinos que lo mencionan.

Posteriormente se recopilan, verifican, procesan y analizan los resultados de Zn de las descargas puntuales industriales, cloacales y naturales, de acuerdo a la bibliografía consultada; se estiman otros posibles aportes tales como escorrentía superficial urbana y deposición atmosférica; además se evalúa la existencia de fuentes difusas. En todos los casos se considera el impacto de estas al estuario.

Por último se realiza el recuento total de Zn que se estaría incorporando al estuario proveniente de las diferentes fuentes. De este análisis surgen las consideraciones y recomendaciones finales.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los niveles alcanzados por la contaminación marítima mundial se han transformado en una cuestión de creciente preocupación, lo que ha generado que muchos Estados y diversas Organizaciones se hayan abocado a investigar las causas, las fuentes y las posibles acciones para su reducción y prevención.

A partir de 1992, en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbre Mundial de la CNUMAD) celebrada en Río de Janeiro, los líderes que asistieron adoptaron el Programa 21, que ofreció un plan de acción integral para lograr un desarrollo sostenible y para abordar aspectos ambientales de una manera integral a niveles local, nacional y mundial. En su Capítulo 17 “Protección de los Océanos y de los Mares de Todo Tipo, Incluidos los Mares Cerrados y Semicerrados, y de las Zonas Costeras, y Protección, Utilización Racional y Desarrollo de sus Recursos Vivos”, establece los derechos y las obligaciones de los Estados y proporciona la base internacional en que se fundan la protección y el desarrollo sostenible del medio marino y costero y sus recursos. Hace mención a una amplia variedad de fuentes que están relacionadas con la degradación del medio marino y que junto con las zonas costeras en los planos nacional, subregional, regional y mundial, deben ser integrados en su contenido y estar orientados hacia la previsión y la prevención.

El estuario de Bahía Blanca constituye, sin dudas, una pieza fundamental para el desarrollo de la economía regional. El puerto instalado sobre el mismo ha representado una fuente generadora de oportunidades tanto a nivel comercial como industrial. Una de las actividades pioneras del sector es la pesca artesanal, que en la actualidad involucra a numerosas familias dedicadas a las actividades de extracción, comercialización y procesamiento (aproximadamente 130 pescadores). El deterioro del hábitat costero puede tener consecuencias a mediano/largo plazo sobre esta actividad; pues los contaminantes se transfieren directamente a aquellos organismos de interés comercial (peces, crustáceos), que desarrollan una parte de su ciclo de vida dentro del estuario.

Es por ello que, la presente tesis tiene como objetivo principal identificar las posibles fuentes que incorporan Zn al estuario bahiense, en el área comprendida bajo la aplicación de la Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 12.530/01, y que ha sido detectado en estudios realizados sobre el mismo, en relación con las distintas descargas puntuales (ej.: industriales, cloacales, pluviales, cursos naturales), deposición atmosférica y fuentes difusas (ej.: ex basural). La presencia de este metal en el estuario, advierte sobre la posibilidad de un futuro impacto no sólo ecológico, sino también social y económico.

Los objetivos secundarios incluyen: identificar cada una de las descargas que aportan Zn al estuario de Bahía Blanca; estudiar la evolución de la concentración de Zn en agua y sedimento del estuario y en las diferentes descargas, utilizando resultados de análisis disponibles en organismos públicos y privados; analizar la relación entre los resultados de las estaciones de monitoreo con los puntos de descarga fijos y difusos, georeferenciados; identificar fuentes que lo producen y productos que lo contienen, así como las potenciales actividades humanas que se desarrollan dentro del ejido urbano de Bahía Blanca que lo pueden estar aportando en sus efluentes.

La importancia del tema elegido se relaciona con la necesidad de la preservación y sustentabilidad del medio, en el cual el Estado y la población tienen la responsabilidad de propiciar el desarrollo social y económico que mantenga el equilibrio ecológico, prevenga la contaminación del ambiente y el eventual impacto sobre los recursos naturales, para el soporte de las futuras generaciones.

Como resultado de esta investigación, se aspira a hacer contribuciones significativas e innovadoras al conocimiento sobre el estado del estuario respecto al Zn, las posibles fuentes que lo aportan y la relación de éstas con el cuerpo receptor.

Además, se pretende que este documento, se convierta en una contribución base para proponer o generar futuras líneas de investigación, concientizar a la comunidad sobre el impacto que podrían estar causando otras actividades localizadas fuera del área industrial portuaria, sobre el estuario bahiense.

La tesis se enmarca dentro de los Proyectos “Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca” y “Riesgo de un pasivo ambiental sobre el estuario bahiense”, que se han llevado adelante en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca - Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental.

A continuación se indican los temas que se trataran en cada capítulo de esta tesis:

El Capítulo 1 incluye la metodología utilizada para llevar a cabo esta investigación, desarrolla los pasos que se siguieron, cómo se recopiló la información disponible y la búsqueda bibliográfica para el marco teórico.

El Capítulo 2 desarrolla el marco teórico, en el cual se incorporan definiciones y conceptos, soportes para la investigación, sobre: propiedades químicas del Zn; efectos sobre la salud humana, plantas e invertebrados terrestres y organismos acuáticos; interacciones con otros metales; concentraciones de fondo; producción de compuestos con Zn y productos que lo contienen.

El Capítulo 3 presenta el encuadre normativo nacional, provincial y municipal aplicable a la investigación. Asimismo, los niveles guías internacionales aplicables ante la falta de legislación propia de Argentina.

El Capítulo 4 contiene la descripción del área de estudio. Se la delimita geográficamente, identifican los afluentes de agua dulce, naturales y los artificiales de origen antropogénico, así como el contorno terrestre desde el punto de vista social y económico.

El Capítulo 5 detalla los conocimientos existentes y antecedentes de la presencia del Zn en el estuario, recopila los datos disponibles que se encuentran dispersos, en los distintos organismos públicos y privados, con el fin de unificarlos.

El Capítulo 6 muestra los resultados de la evaluación de los datos disponibles de las distintas descargas naturales y antrópicas que aportan Zn, y la estimación de la masa de este metal que se incorpora al estuario.

El Capítulo 7 contiene las consideraciones y recomendaciones finales.

Por último se incluye la bibliografía consultada, sitios de internet y anexos correspondientes.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 1

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se describe el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver el objetivo de esta tesis.

1.1 Universo de estudio

La investigación se inició con la descripción del área de estudio e identificación de los cursos de agua naturales, descargas artificiales y aportes con origen en el entorno urbano, sobre el estuario de Bahía Blanca; comprendido bajo la jurisdicción de aplicación de la Ley de la Provincia de Buenos Aires N° 12.530/01.

1.2 Fuentes Primarias

Se realizó el relevamiento de la información que se encuentra disponible, que consistió en la recopilación de los resultados de monitoreo de Zn realizado en el área de estudio e informados en el Programa Integral de Monitoreo (PIM) para el período 2001 a 2014. Se dispone de los análisis de concentración de Zn en: agua y sedimento del estuario, efluentes de las descargas industriales, cloacales, ríos, arroyos y canales artificiales, como así también resultados de deposición atmosférica. También se recurrió a los datos de otros organismos públicos y/o privados que monitorean el estuario, arroyos y pluviales que descargan en el mismo.

Se evaluaron estudios que brindan datos sobre las condiciones ambientales del estuario y del área bajo análisis como Estudios de Impacto Ambiental presentados ante el Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable (OPDS), como parte de proyectos nuevos y ampliaciones en las industrias del sector.

Una búsqueda bibliográfica a nivel nacional e internacional, permitió elaborar un marco teórico actualizado sobre el Zn, que posibilitó la identificación de posibles fuentes antrópicas.

Los datos obtenidos de los monitoreos en el estuario, descargas industriales y urbanas fueron procesados estadísticamente con el programa ProUCL versión 5.0.00 desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA), que permite el tratamiento estadístico de datos con valores no detectables (ND) o menores al límite de detección ($< LD$), para determinar los promedios.

Además, con los mismos datos, se realizó el análisis simple de la varianza (Oneway ANOVA) que permite, a través del coeficiente valor-p (p -value)¹, determinar si la concentración media de Zn en las distintas estaciones de monitoreo presentan o no, una diferencia significativa, a efectos de identificar si existe una zona más impactada que otra.

A partir de los promedios de concentración de Zn calculados de las descargas industriales y urbanas, se estimó las cargas máxicas de los mismos. Paralelamente, con datos extraídos de bibliografía, se estimaron los aportes de Zn derivados de la escorrentía pluvial con origen en los techos urbanos. El Zn proveniente de las deposiciones atmosféricas surgió de los datos de relevamientos ejecutados por el Comité Técnico Ejecutivo² (CTE). Posteriormente, se estimó la masa total anual de Zn que potencialmente estaría ingresando al estuario. Por último, se elaboran consideraciones y recomendaciones finales.

Durante el desarrollo de la tesis en reiteradas oportunidades se recorrió el área de estudio donde se observó la extracción de muestras.

1.3 Fuentes secundarias

Se utilizaron como soporte de la investigación:

- Estadísticas de registros poblacionales del INDEC.
- Legislación nacional y provincial vigente, aplicable al tema de investigación.

¹ El valor p (p -value) se puede definir como el menor nivel de significación (α) al que se puede rechazar una hipótesis nula (H_0) cuando es verdadera. Si el valor- p es menor que o igual a α , se rechaza H_0 y si el valor p es mayor que α , no se rechaza H_0 . Para el nivel de significancia (α) suele utilizarse un valor de 0.05.

² El Comité Técnico Ejecutivo tiene a su cargo el control y monitoreo de las industrias de 3ª categoría (Ley Provincia de Buenos Aires 11.459/93) instaladas en el sector del Polo Petroquímico y Área portuaria de Bahía Blanca, creado bajo el amparo de la Ley Provincia de Buenos Aires 12.530/01.

- Información internacional de niveles guía de concentración de Zn.
- Estudios referidos a deposición atmosférica y escorrentía superficial urbana.
- Data Quality Assessment Statistical Methods for Practitioners (EPA QA/G-9s), para la evaluación científica y estadística de datos ambientales.

1.4 Instrumentos.

Para la evaluación científica y estadística de datos ambientales, la EPA desarrollo el documento Data Quality Assessment Statistical Methods for Practitioners (EPA QA/G-9s). En base a este documento desarrolló el software ProUCL, que en el año 2013 puso a disposición en su página Web en la versión 5.0.00. Esta versión brinda opciones más rigurosas que las versiones anteriores para el tratamiento de los datos con censura por la izquierda³. (ProUCL Version 5.0.00 Technical Guide, 2013).

Los cálculos estadísticos se realizaron con el mencionado programa, en el caso del Zn disuelto en las estaciones del estuario (dado que hay valores menores al límite de detección), se basaron en el método de Kaplan-Meier que es más preciso que el de sustitución (Warren et al., 2009).

Para el análisis de la varianza se seleccionó la prueba estadística de Kruskal-Wallis (Nonparametric Oneway ANOVA-Kruskal-Wallis Test) que es una generalización de la prueba WMW⁴ de dos muestras, que se utiliza para comparar la igualdad de medianas de dos grupos. Al igual que la prueba WMW, el análisis para la prueba K-W se ordenan los valores en rangos, por lo tanto, las distribuciones de los grupos en comparaciones no tienen que seguir una distribución estadística conocida. Al aplicar la ecuación de Kruskal-Wallis se obtiene el estadístico H, este se compara de acuerdo con los grados de libertad, con el valor de probabilidad en la Tabla de distribución de Chi cuadrado en razón de distribuirse de forma similar, para decidir si se acepta o rechaza la hipótesis que las medianas de los grupos son iguales.

Si bien los datos se pueden importar desde planillas de cálculo, para usar este programa fue necesario adicionar una columna con un formato preestablecido, donde se indica si el dato es menor al límite de detección.

³ Los datos con valores no detectables o menores al límite de detección, estadísticamente se conocen como “censura por la izquierda” (una observación está por debajo de cierto valor, pero se ignora cuánto).

⁴ WMW Wilcoxon-Mann-Whitney.

1.5 Cartografía.

Se utilizaron:

- Mapas de ubicación geográfica del estuario.
- Planos de la red de distribución de desagües cloacales.
- Soporte cartográfico a partir de software Google Earth y ArcGis 9.0.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

MARCO TEÓRICO

2.1 Producción y utilización del Zn.

El Zn se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, pero no es abundante, y constituye aproximadamente un 0,02 % (OIT, 1998) de la corteza terrestre, otros autores expresan que solo representa el 0,012 % (Rubio et al., 2007).

Adopta la forma de sulfuro (esfalerita), carbonato, óxido o silicato (calamina) de Zn, combinado con muchos minerales. La esfalerita, el principal mineral y fuente de al menos el 90 % del Zn metálico, contiene hierro y cadmio como impurezas. Casi siempre aparece acompañado de galena (sulfuro de plomo), y ocasionalmente se encuentra asociado con minerales que contienen cobre u otros sulfuros metálicos básicos (OIT, 1998).

Cuando se expone a la acción del aire húmedo, el Zn se recubre de una película de óxido que protege el metal de oxidaciones posteriores. En esta resistencia a la corrosión atmosférica reside uno de sus principales usos: la protección del acero mediante galvanización. La capacidad del Zn para proteger los metales ferrosos de la corrosión puede potenciarse mediante electrólisis. Actúa como ánodo con el hierro y otros metales, a excepción del aluminio y el manganeso. Los agentes corrosivos atacan preferentemente al Zn, y se protegen los demás metales, esta propiedad se aprovecha también en otras aplicaciones importantes, como en la utilización de planchas de Zn como ánodos para la protección catódica de los cascos de buques y tanques enterrados.

El Zn metálico se puede moldear para la fabricación de piezas de automóviles, equipos eléctricos, herramientas de maquinaria ligera, equipos informáticos, juguetes y artículos ornamentales. Además, se puede laminar para la obtención de planchas destinadas por ejemplo a: tejados, forros de pilas secas y placas de fotograbado. También, se puede alea con cobre, níquel, aluminio y magnesio. Cuando se mezcla con cobre, se obtiene el importante grupo de aleaciones denominadas latón, donde el Zn se mantiene en un 30% a 40%.

Los datos publicados por la International Lead and Zinc Study Group (ILZSG) indican que entre los años 2011 y 2015 se han producido en el mundo un promedio 13 millones de toneladas por año. De ellas, casi el 50% se utiliza para galvanizado de acero, un 17% se utiliza para producir latón y otro 17% para la producción de otras aleaciones, como las más significativas. Las principales áreas de aplicación de los productos de Zn, según publica la International Zinc Association (IZA) son: construcción (45%), transporte (25%), bienes de consumo y electrodomésticos (23%) e ingeniería (7%).

En la Tabla N° 1 se listan los minerales de Zn más importantes comercialmente, su composición molecular y el porcentaje que contienen, mientras que en Tabla N° 2 se resumen los principales compuestos de Zn y sus aplicaciones industriales.

Tabla N° 1 - Minerales Comerciales de Zn

Nombre	Composición/Formula Química	% Zn
Sphalerite / Esfalerita ⁵	ZnS	67,00
Hemimorphite / Heminorfita ⁶	Zn ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ H ₂ O	54,20
Smithsonite / Smithsonita ⁶	ZnCO ₃	52,00
Hydrozincite / Hidrocincita ⁶	Zn ₅ (OH) ₆ (CO ₃) ₂	56,00
Zincite / Zincita ⁷	ZnO	80,30
Willemite / Willemita ⁸	Zn ₂ SiO ₄	58,50
Franklinite / Franklinita ⁹	(Zn,Fe,Mn)(Fe,Mn) ₂ O ₄	15 - 20

Fuente: Goodwin (1998) en EPA (2005)

⁵ La esfalerita o blenda deriva del alemán blenden, "engañar", por su aspecto que se confunde con el de la galena. El nombre de esfalerita proviene del griego sphaleros, engañoso.

⁶ Suele dársele, erróneamente, el nombre de Calamita. Calamina en realidad no es un sinónimo, es el término que usaban los mineros para designar a la mezcla que aparecía frecuentemente de hemimorfita, smithsonita e hidrocincita.

⁷ Otro nombre que recibe este mineral es Ancramita.

⁸ Ocasionalmente también recibe el nombre de belgita.

⁹ Su nombre proviene de la localidad de Franklin (N J., EE. UU.), donde está el principal yacimiento.

Tabla N° 2 – Compuestos de Zn y sus aplicaciones industriales

Compuesto de Zn	Obtención / Producción	Aplicaciones
Óxido de Zn (ZnO) o Blanco de Zn (flores de Zn)	Por oxidación de Zn puro vaporizado o mediante la calcinación del mineral de óxido de Zn	Pigmento para la fabricación de pinturas, lacas y barnices. Carga en plásticos y caucho. Industria cosmetológica. Cementos de fraguado rápido. Industria farmacéutica. Fabricación de vidrio, ruedas de automóviles, cerillas, pegamento blanco, tintas para imprenta y semiconductor en la industria electrónica.
Cromato de Zn ($ZnCrO_4$) o Amarillo de Zn	Por la acción del ácido crómico sobre la pasta de óxido de Zn o el hidróxido de Zn.	Pigmentos, pinturas, barnices y lacas. Fabricación del linóleo (recubrimiento de suelos). Inhibidor de la corrosión para metales y laminados epoxi.
Cianuro de Zn ($Zn(CN)_2$)	Por precipitación de una solución de sulfato o cloruro de Zn con cianuro potásico.	Electrodeposición sobre metales. Proceso de extracción del oro. Reactivo químico y pesticida.
El sulfato de Zn ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) o Vitriolo blanco	Por calcinación de la blenda o por la acción del ácido sulfúrico sobre el Zn o el óxido de Zn.	Astringente (uso medicinal). Conservante de pieles y maderas. Decolorante de papel, adyuvante de pesticidas y fungicida. Agente incombustible y tensioactivo en el proceso de flotación por espuma. Tratamiento del agua. Pigmento para pinturas, lienzos, cuero, tintas, lacas y cosméticos.
Fosfuro de Zn (Zn_3P_2)	Haciendo pasar fosfina a través de una solución de sulfato de Zn.	Rodenticida (ratricida).
Cloruro de Zn ($ZnCl_2$) o Mantequilla de Zn	Tratando el metal directamente con ácido clorhídrico.	En industria textil durante el teñido, estampado y apresto de los tejidos. Componente del cemento para metales, dentífricos y pastas de soldadura. Solo o con fenol y otros antisépticos para conservar los durmientes de los ferrocarriles. Grabado del metal. Fabricación de asfalto. Agente vulcanizante para el caucho. Retardante de la combustión de la madera. Inhibidor de corrosión en el tratamiento del agua.

Fuente: elaboración propia.

2.2 Propiedades físico-químicas del Zn.

Es un metal de color blanco azulado. El aire seco no lo ataca pero en presencia de humedad, como se mencionó, forma una capa superficial de óxido o carbonato básico ($Zn_2(OH)_2CO_3$) que aísla al metal y lo protege de la corrosión. Prácticamente el único estado de oxidación que presenta es el +2. El metal presenta una gran resistencia a la deformación plástica en frío que disminuye en caliente, lo que obliga a laminarlo por encima de los 100 °C.

En la evaluación de las concentraciones de metales en los sistemas biológicos se debe tener en cuenta ciertos factores, como la temperatura, las condiciones redox (concentración de oxígeno disuelto), fuerza iónica, complejos orgánicos, las concentraciones de las diferentes especies en que se encuentra el metal, sitios de captación, pH, comportamiento fisiológico en general y ciclo de vida (Valavanidis et al., 2008).

En general, la mayor parte del Zn introducido en ambientes acuáticos se moviliza hacia los sedimentos. La liberación de Zn a partir de los sedimentos se ve favorecida por concentraciones altas de oxígeno disuelto, baja salinidad y bajo pH. El Zn disuelto en el agua generalmente está bajo la forma del ión aquo ($Zn(H_2O)_6^{2+}$) y varios iones complejos orgánicos e inorgánicos. Estas especies tóxicas tienen sus mayores efectos sobre los organismos acuáticos en condiciones de pH relativamente bajo, baja alcalinidad, bajo oxígeno disuelto y temperaturas elevadas (Eisler, 1993); estas condiciones no son frecuentes en el estuario de Bahía Blanca.

En agua de río (en su mayoría es turbia) gran parte de los metales está adherido a partículas orgánicas e inorgánicas. Otros factores que tienen influencia en la especiación de metales son: pH, dureza y materia orgánica disuelta importantes cantidades de complejos orgánicos disueltos y partículas con metales (Valavanidis et al., 2008).

Según Eisler (1993), en agua dulce el Zn existe casi exclusivamente como el ion aquo a $pH > 4$ y < 7 ; a un pH de 6, las formas dominantes de Zn disuelto son el ion libre (98%) y sulfato de Zn (2%); a pH 9 las formas dominantes son el ion

monohydroxide (78%), carbonato de Zn (16%), y el ion libre (6%). En aguas de río, el 90% del Zn está presente como ion aquo y el resto consiste en ZnHCO_3^+ , ZnCO_3 , y ZnSO_4 .

Conforme a Eisler (1993), en agua de mar el Zn existe en un estado disuelto, como un precipitado sólido, o adsorbido en la superficie de las partículas. El Zn soluble existe como iones no complejos libres (hidratado), en forma de complejos inorgánicos (la forma primaria en el mar abierto), o en forma de complejos orgánicos. En agua de mar a pH 8,1 las especies dominantes de Zn soluble son el hidróxido de Zn (62%), el ion libre (17%), el ion de monocloruro de Zn (6,4%), y carbonato de Zn (5,8%). A pH 7, el porcentaje de Zn disuelto presente como iones libres se incrementa a 50%. En la presencia de materiales orgánicos disueltos, la mayor parte del Zn disuelto está presente en forma de complejos organometálicos de Zn. En los estuarios y otros ambientes marinos, la abundancia relativa de las especies de Zn varía con el aumento de la salinidad. En bajas salinidades predominan ZnSO_4 y ZnCl^+ , en altas salinidades, el ion aquo es el que predomina. Pero a medida que disminuye la salinidad, la concentración de iones de Zn libres aumenta y la concentración de iones complejos Zn-Cl disminuye, que resultan en una mayor biodisponibilidad de los iones metálicos libres y aumento de bioconcentración por microorganismos residentes.

2.3 Efectos adversos del Zn sobre la salud humana

La Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ha desarrollado perfiles toxicológicos de las sustancias peligrosas más comunes, que son una amenaza potencial para la salud humana. Cada perfil refleja una evaluación e interpretación completa de la información toxicológica y epidemiológica disponible, tipo de efecto sobre la salud, vía de exposición y duración de la exposición. Esta agencia en “Toxicological Profile for Zinc” (ATSDR, 2005), expresa que la Cantidad Diaria Recomendada (RDA – Recommended Dietary Allowance) de Zn para el cuerpo a través de alimentos, agua, o suplementos dietéticos es de 11 mg/día para hombres y 8 mg/día para las mujeres. Un rango similar de valores propone la World Health Organization (WHO, 2001) en “Environmental Health Criteria 221”. Niveles 10 a 15 veces mayores que la dosis diaria recomendada, incorporados por

vía oral, aunque sea por un breve período de tiempo producen efectos adversos para la salud, por ejemplo calambres estomacales, náuseas y vómitos. Si estos se prolongan durante varios meses puede causar niveles de anemia, daño al páncreas y disminución de lipoproteínas de alta densidad (HDL). Por insuficiencia de Zn en la dieta, las personas pueden experimentar pérdida de apetito, disminución del sentido del gusto y del olfato, disminución de la función inmune, cicatrización lenta de las heridas y llagas en la piel.

La exposición que presenta un Nivel Mínimo de Riesgo (MRL – Minimal Risk Level) para los seres humanos, se define como una estimación de la exposición diaria humana a una sustancia que no presenta un riesgo apreciable de efectos adversos durante un periodo de tiempo especificado de la exposición. Los MRL se basan solamente en efectos no cancerosos sobre la salud y no tienen en cuenta los efectos cancerígenos. Los MRL se pueden derivar de la duración de la exposición ya sea aguda, intermedia y crónica tanto para vías por inhalación u oral. Aún no existe una metodología apropiada desarrollada para determinar los MRL para la exposición dérmica.

La ATSDR (2005) ha recopilado la información de varios investigadores, la ha organizado por la vía de exposición (inhalación, oral y dérmica) y por efecto sobre la salud (muerte, sistémico, inmunológicos, neurológicos, reproductivos, efectos en el desarrollo, genotóxicos y cancerígenos). Los datos fueron analizados en términos de tres períodos de exposición: aguda (14 días o menos), intermedio (15 a 364 días) y crónica (365 días o más). Los niveles están identificados como: NOAEL nivel sin efecto adverso observable (No-Observed-Adverse-Effect Level); LOAEL nivel mínimo con efecto adverso observable (Lowest-Observed-Adverse-Effect Level). Estos últimos están clasificados como: efectos “Serios” los que causan fallo en un sistema biológico y puede conducir a la morbilidad o la mortalidad; efectos “Menos graves” los que no se espera que causen disfunción significativa o la muerte, o aquellos cuya importancia para el organismo no está del todo claro.

Además, la EPA (2005) ha expresado que bajo las directrices de evaluación del riesgo cancerígeno (“Guidelines for Carcinogen Risk Assessment”) no hay información adecuada para evaluar el potencial carcinogénico del Zn en los seres

humanos, los estudios en humanos expuestos al Zn han sido inadecuados o no concluyentes; bioensayos en animales relacionados con la carcinogenicidad del Zn no están disponibles, y las pruebas de los efectos genotóxicos del Zn han sido confusos.

La EPA, clasifica actualmente al Zn y sus compuestos como carcinógeno del grupo D (no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos).

2.3.1. Efectos por la inhalación de compuestos de Zn

La mayoría de los efectos observados de la exposición a la inhalación de Zn y compuestos de Zn se produce dentro del tracto respiratorio. El efecto más frecuente es el desarrollo de la llamada "fiebre de los humos metálicos" que se caracteriza por dolor en el pecho, tos, disnea, la reducción de los volúmenes pulmonares, náuseas, escalofríos, malestar general y leucocitosis (ATSDR, 2005).

No se han determinado niveles de MRL por inhalación. Una serie de estudios en trabajadores expuestos a exposición aguda han detectado el efecto de fiebre de humos metálicos como punto de preocupación, con niveles de óxido de Zn en aire de 77-600 mg/m³, aunque no han sido fehacientemente identificados (ATSDR, 2005).

Esta vía de exposición se ha mencionado a título ilustrativo dado que la misma no se presenta en el entorno del presente estudio.

2.3.2. Efectos por exposición oral a compuestos de Zn

Valores de MRL por vía oral para efectos agudos no han sido determinados, dado que los estudios reportados que involucran altas dosis de exposición han producido náuseas, vómitos y malestar gastrointestinal, pero hay un importante grado de incertidumbre con respecto a estos estudios. Los datos disponibles sugieren que concentraciones orales de 910 mg/L o dosis única de exposición de aproximadamente 140-560 mg de Zn (dosis agudas orales de 2-8 mg/kg/día) son suficientes para causar los efectos mencionados (ATSDR, 2005).

Un valor de 0,3 mg/kg/día es aceptado para una duración de exposición intermedia, como el MRL oral crónico (ATSDR, 2005). Considerando el peso promedio de una persona en 80 kg, este valor es de 24 mg/día (RDA 8-11 mg/día).

A pesar de que el Zn es el menos tóxico de todos los oligoelementos, y aunque su margen de seguridad (diferencia entre la dosis tóxica y la dosis recomendada) es muy amplio, es necesario evaluar su toxicidad. Esto se puede determinar mediante el estudio Tolerable Upper Intake Level (UL), que se define como el nivel más alto de la ingesta diaria que no supone un riesgo o efectos adversos sobre la salud de casi todos los individuos, este parámetro se calcula a partir de la ingesta total. Para el Zn, proveniente tanto de los alimentos, como del agua y suplementos dietarios el UL es de 40 mg/día para adultos (Rubio et al., 2007) (página web NIH, 2014). Mientras que para la European Food Safety Authority (EFSA) el valor de UL es de 25 mg/día (EFSA, 2006).

Un valor estimado de NOAEL de 50 mg/día para exposición oral se basa en la ausencia de efectos adversos en una amplia gama de indicadores relevantes de la deficiencia de cobre (como el punto final crítico) (EFSA, 2006).

2.3.3. Efectos por exposición cutánea a compuestos de Zn

La exposición cutánea a Zn o alguno de sus compuestos no han dado lugar a efectos tóxicos evidentes. El óxido de Zn se utiliza habitualmente en aplicaciones tópicas incluyendo bronceadores y cremas diseñadas para ayudar en la curación de heridas. Sin embargo, la exposición cutánea a cloruro de Zn, y en un menor grado, otras sales de Zn, puede dar lugar a una severa irritación de la piel, cambios inflamatorios en la epidermis y dermis superficial (ATSDR, 2005).

2.4. Efectos adversos del Zn sobre organismos acuáticos

El principal objetivo del biomonitoreo de las concentraciones de metales pesados en la biota es determinar la amenaza toxicológica para los organismos, y el riesgo para la salud de los seres humanos por la ingestión de especies comestibles (Valavanidis et al., 2008).

Eisler (1993), observó que importantes efectos adversos del Zn se producen en el crecimiento, supervivencia y reproducción, en las especies más representativas y

sensibles de plantas acuáticas, protozoos, esponjas, moluscos, crustáceos, equinodermos, peces y anfibios, en concentraciones nominales de Zn disuelto en agua entre 10 y 25 $\mu\text{g/L}$ basados en estudios de agua dulce y de mar. Más recientemente, WHO (2001) menciona que el valor que muestra efectos adversos en organismos acuáticos es $> 20 \mu\text{g/L}$.

Según Eisler (1993), altas concentraciones de Zn en flora acuática marina, fueron observadas, cuando las concentraciones de Zn en el agua de mar eran elevadas; aunque la relación no es lineal. El aumento en la acumulación de Zn en algas marinas, se asocia con la disminución de la intensidad de la luz, la disminución del pH, el aumento de la temperatura y el aumento de oxígeno. Muchas especies de algas marinas tienen concentraciones de Zn $> 1 \text{ g/kg}$ base seca. Estos niveles extremadamente elevados se asocian, por lo general, a sectores cercanos a desagües industriales o domésticos que contienen cantidades importantes de Zn. Las algas rojas y pardas, son algunos de los acumuladores marinos de Zn más eficaces.

Freitas et al (2008) demostraron que algas marinas, macro abundantes en la costa portuguesa (Hiperbórea *Laminaria*, *Bifurcaria bifurcata*, *Sargassum muticum* y *Fucus spiralis*) son eficaces para la eliminación de metales tóxicos entre ellos Zn^{+2} , estudiaron la capacidad de absorción de Zn y determinaron que pueden proporcionar una tecnología eficiente y rentable para la eliminación de metales pesados de los efluentes industriales.

Kumar et al (2014) estudiaron el crecimiento de cinco especies de algas marinas nativas de Chennai (India), concluyendo que hay diferencias significativas en las concentraciones de Zn, en las cuales el crecimiento de cada una de estas se vio afectado. Los valores tolerados según la especie fueron: *Tetraselmis* hasta 250 ppm de Zn; *Chlorella marina*, *Isochrysis galbana* y *Nannochloropsis* evidenciaron resistencia hasta 50 ppm de Zn, mientras que la *Dunaliella salina* podría sobrevivir hasta con 5 ppm Zn. Esta variación se atribuye a las diferentes resistencias que poseen estos organismos.

La concentración crítica de Zn en tejido foliar, que afectan el crecimiento de la mayoría de las especies de plantas, está en el rango de 200 a 300 mg/kg en base seca (WHO, 2001).

Según Negrin et al. (2012) las marismas son consideradas eficaces depuradoras de ambientes marinos por su capacidad para secuestrar contaminantes, especialmente metales pesados. Sin embargo, pueden liberarlos al medio, lo cual depende de su concentración, las condiciones del sedimento y la biomasa vegetal. Estos autores estudiaron durante la estación de crecimiento a la *Spartina alterniflora*, a la cual le midieron la concentración de metales pesados, Zn entre ellos, en tejidos vegetales y sedimento asociado; los resultados indicarían que los mayores niveles de metales en el sedimento estarían asociados a un efecto antrópico y/o a las condiciones del sedimento, y que las marismas evaluadas actuarían como potencial fuente de contaminantes inorgánicos, dado la concentración relativa de los metales en los distintos compartimentos del sistema.

Nebbia y Zalba (2007), Piccolo y Hoffmeyer (2007), Da Rodda y Parodi (2007), Popovich y Marcovecchio (2008), Guinder et al. (2010), Mazzon et al. (2011), Hoffmeyer (2011), han investigado el comportamiento del fitoplancton, algas y vegetales, que se encuentran en el estuario de Bahía Blanca, respecto a su especiación, abundancia, variaciones estacionales, desarrollo en función de los nutrientes, el rol que cumplen relacionado con la fauna bentónica, en otros parámetros, sin embargo, en la búsqueda bibliográfica no se encontraron trabajos relacionados con efectos ecotoxicológicos producidos por Zn sobre estos organismos, para el área de estudio de esta tesis.

En cuanto a peces, estos pueden acumular Zn por dos mecanismos: a través del medio en el que se mueven y por su dieta. En peces marinos la dieta está considerada como la mayor vía por la cual incorporan Zn, mucho más que los niveles de Zn en el agua (Eisler, 1993).

La concentración de Zn en los peces tiende a ser mayor cerca de las zonas urbanas; con concentraciones altas en los huevos, vísceras e hígado; y bajas en el músculo; y relativamente poco afectada por la salinidad del agua y la temperatura (Eisler, 1993).

Según Valavanidis et al. (2008), los ensayos de toxicidad en peces se dividen en: efectos agudos letales y crónicos, durante el ciclo de vida a concentraciones subletales. Existen muchas especies de invertebrados marinos que son sensibles a una amplia gama de productos químicos (en especial a metales pesados), aptos para pruebas de repetibilidad a bajo costo, fácilmente de interpretar las consecuencias biológicas de la contaminación, criterios utilizados para realizar estudios de toxicidad. Las especies marinas y estuarinas comúnmente utilizadas para pruebas de toxicidad son: rotíferos (*Brachionus plicatilis*), crustáceos (copepods *Acartia tonsa*), artemia (*Artemia salina*), misidáceos (*Mysodopsis bahia*), bivalvos (ostras y mejillones *Crassosrea*, *Edulis Mytilus* o *Mytilus galloprovincialis*).

El mismo autor menciona que estudios ecotoxicológicos en peces presentan dificultades técnicas. Existen casos donde la ubicación de la fuente de contaminación es sencilla (peces muertos en una pequeña localidad y/o sector), pero a veces no es tan simple, los peces muestreados pueden haber permanecido más tiempo dentro o fuera de la zona afectada, produciendo variación en los resultados de bioacumulación o en el examen histológico (decoloración de las branquias, la presencia o el exceso de mucosidad, patrones de decoloración del cuerpo). Comenta además que, toxicólogos ambientales han puesto su atención en componentes menos móviles de la fauna (por ejemplo, invertebrados bentónicos) o estudios de compuestos químicos de la biota y sedimentos.

Según Eisler (1993), para proteger aproximadamente el 95% de los animales de agua dulce, la EPA recomendaba que las concentraciones promedio de Zn total sean desde $<47 \mu\text{g/L}$ y que no exceda $180 \mu\text{g/L}$; o una concentración media de Zn disuelto de $59 \mu\text{g/L}$, sin exceder $65 \mu\text{g/L}$ en agua blanda (es decir, $<50 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$). Además expresa que estos criterios pueden ser cuestionados debido a que bajas concentraciones de Zn entre 5 y $51 \mu\text{g/L}$, tienen efectos negativos sobre el crecimiento, la supervivencia y la reproducción de importantes especies de peces de agua dulce, anfibios, insectos, esponjas y crustáceos.

Para proteger a animales marinos, la EPA recomendaba que el Zn total promedio en agua de mar debería estar en un rango de $<58 \mu\text{g/L}$ y nunca exceder $170 \mu\text{g/L}$; para Zn disuelto estos valores son $<86 \mu\text{g/L}$ y $95 \mu\text{g/L}$ respectivamente. En el caso de la biota de agua dulce, expresa que existen evidencias que demuestran que muchas

especies de plantas marinas, crustáceos, moluscos, equinodermos y peces se ven afectados negativamente en las concentraciones de Zn entre 9 $\mu\text{g/L}$ y 50 $\mu\text{g/L}$.

De acuerdo a la tabla “National Recommended Aquatic Life Criteria” consultada en la página web de la EPA, recomienda una concentración máxima de Zn de 120 $\mu\text{g/L}$ en agua dulce para los dos criterios en los cuales no se esperan efectos agudos o crónicos. Mientras que para agua salada para efectos agudos recomienda como máximo 90 $\mu\text{g/L}$ y para efectos crónicos 80 $\mu\text{g/L}$. Aclara que estos valores fueron publicados en 1995.

El Programa Environmental Health Criteria (WHO, 2001) además de los enunciados efectos en la salud humana, ha ampliado su alcance a la importancia de los efectos ambientales. En su reporte sobre el Zn presenta tablas con valores de toxicidad del Zn para diferentes algas y plantas acuáticas; organismos invertebrados y peces, estudiados tanto de agua dulce como de ambiente marino. Los valores de concentración de Zn disuelto que presentan toxicidad aguda son: invertebrados de agua dulce de 0,07 mg/L en pequeños crustáceos (de tamaño microscópico 0,2 a 3 milímetros) hasta 575 mg/L en isópodos; invertebrados marinos de 0,097 mg/L hasta 11,3 mg/L para distintos tamaños de camarones. Valores de concentración letal están en el rango de 0,066 a 2,6 mg/L para peces de agua dulce y 0,19 a 17,66 mg/L para peces de ambiente marino.

Martínez et al. (2011) estudiaron el cangrejo cavador *Neohelice granulata*, una especie ampliamente distribuida a lo largo de la costa sudoccidental Atlántica, que forma densas poblaciones denominadas cangrejales, en dos sitios del estuario de Bahía Blanca. La determinación de contaminantes, tales como los metales pesados (Zn uno de ellos) en estos individuos, permite predecir su estado de salud y el de los organismos que se encuentran por encima en la cadena trófica. Los resultados demuestran diferencias en los niveles de los metales evaluados según el sexo, el tejido analizado y el sitio de muestreo. A partir de estos resultados preliminares, los autores expresaron que pueden inferir que los cangrejos estarían actuando como buenos indicadores ambientales.

2.5 Interacciones de Zn con otros metales

El Zn interactúa con numerosos metales. Los patrones de acumulación, el metabolismo y la toxicidad de estas interacciones a veces difieren enormemente de las producidas por el Zn solo. El reconocimiento de estas interacciones es esencial para la comprensión de la cinética del Zn en el medio ambiente (Eisler, 1993).

2.5.1 Interacción Zn-Cd

La interacción Zn-Cd en solución tiene un efecto aditivo en la toxicidad para los organismos acuáticos, incluyendo peces de agua dulce, peces marinos y los copépodos. Sin embargo, fueron menos tóxicos de lo esperado para *Daphnia magna*, a juzgar por los estudios de letalidad aguda (Eisler, 1993).

Según el mismo autor en gamba marina (*Pandalus montagui*), la exposición a Cd no tuvo ningún efecto sobre los niveles de Zn en tejidos, pero el Zn fomentó la absorción de cadmio en el hepatopáncreas. En peces marinos, el Cd se acumuló más rápidamente a niveles elevados de Zn en agua de mar; sin embargo, las concentraciones de Zn en los tejidos disminuyeron con el aumento de Cd, lo que sugiere la competencia entre estos dos metales para el mismo sitio fisiológicamente activo. Las concentraciones de Zn en larvas de camarón (*Palaemon serratus*) dentro del rango de 75-525 $\mu\text{g/L}$ no se vieron afectados por la adición de 100 $\mu\text{g/L}$ de Cd.

2.5.2 Interacción Zn-Cu

Las mezclas de Zn-Cu en general tienen efecto más aditivo a la toxicidad para una gran variedad de organismos acuáticos, incluyendo larvas de ostra, peces marinos, peces de agua dulce, anfípodos y los copépodos marinos. La adición de Zn en agua ha disminuido la acumulación de Cu en los tejidos de bagres, pero el agregado de Cu disminuyó la incorporación Zn en los organismos (Eisler, 1993).

2.5.3 Interacción Zn-Pb

Las mezclas de Zn-Pb tienen efecto aditivo en la toxicidad para los copépodos marinos y un retraso considerable en el desarrollo del cangrejo de barro (*Rithropanopeus harrisi*) y larvas. El Pb se acumula hasta 10 veces más rápidamente en los peces marinos a elevadas concentraciones de Zn en agua de mar (Eisler, 1993).

2.6 Concentraciones en la naturaleza

Como ya se expresó el Zn es parte de la naturaleza y debido a los procesos de erosión producidos por el viento y agua en rocas, suelos y sedimentos, una pequeña pero importante fracción del Zn natural se encuentra en continuo movimiento y transporte en el medio ambiente. Niveles naturales de Zn total en diferentes medios se presentan en la Tabla N° 3.

WHO, (2001) expresa que las concentraciones de Zn en suelos, sedimentos, y agua están fuertemente determinadas por la formación geológica del lugar y las influencias antropogénicas. Valores de concentración de fondo de Zn en agua dulce varían entre $< 0,1$ a $50 \mu\text{g/L}$; en agua de mar $0,002$ a $0,1 \mu\text{g/L}$; en suelo 10 a 300 mg/kg p. s. y en aire hasta $0,3 \mu\text{g/m}^3$. Estos niveles comparados con los presentados en la Tabla N° 3 son del mismo orden de magnitud.

En ambientes contaminados por las actividades humanas los niveles de Zn determinados son: hasta 4 mg/L en agua; 35 g/kg peso seco en suelo; $15 \mu\text{g/L}$ en agua estuariana, y $8 \mu\text{g/m}^3$ en aire (WHO, 2001).

Concentraciones de Zn total en muestras no biológicas rara vez exceden $40 \mu\text{g/L}$ en agua, 200 mg/kg en los suelos y sedimentos, o $0,5 \mu\text{g/m}^3$ en aire. Ambientes muy contaminados por las actividades humanas pueden contener hasta 99 mg/L en agua, 118 g/kg en los sedimentos, 5 g/kg en el suelo y $0,84 \mu\text{g/m}^3$ en la atmósfera. En general, las concentraciones de Zn fueron elevadas en organismos recogidos cerca de fuentes antropogénicas puntuales con contaminación de Zn, pero se modifican sustancialmente debido a la dieta del organismo, la edad, estado reproductivo y sitios específicos de acumulación de Zn, así como por las diferentes especies. (Eisler, 1993).

Tabla N° 3 - Niveles naturales de Zn total

Medio	Rango	Unidad
Aire (rural)	0,01 - 0,2	µg/m ³
Suelo (general)	10 - 300	mg/kg p. s.
Rocas		
• basáltica ígnea	48 - 240	ppm
• granítica ígnea	5 - 140	ppm
• lutitas y arcillas	18 - 180	ppm
• arenisca	2 - 41	ppm
• lutitas negras	34 - 1500	ppm
Aguas superficiales		
• Océanos	0,001 - 0,06	µg/L
• Mares Costeros - Mares Internos	0,5 - 1	µg/L
• Agua Dulce		
○ Ríos de llanura aluvial- ricos en nutrientes y oligo-elementos (por ejemplo Europa)	5 - 40	µg/L
○ Ríos de montaña - provenientes de formaciones geológicas antiguas	< 10	µg/L
○ Grandes lagos (disuelto)	0,09 - 0,3	µg/L
○ Corrientes enriquecidas en Zn que fluyen a través de áreas mineralizadas	> 200	µg/L

Fuente: IZA (1997)

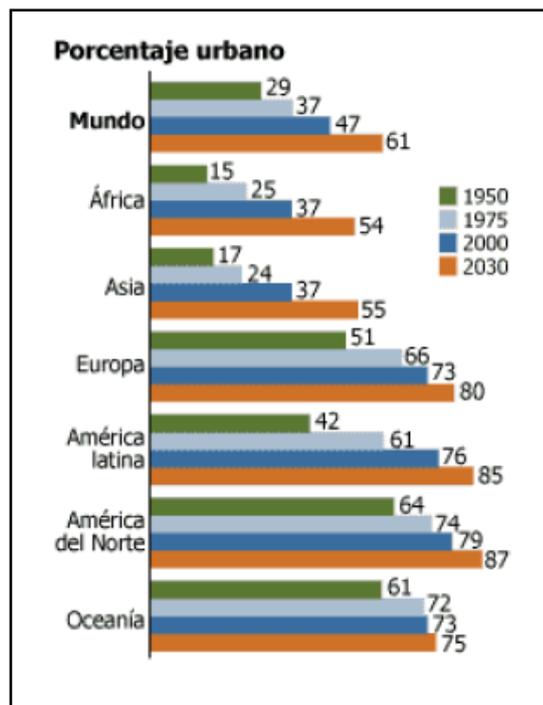
2.7 Escorrentía superficial urbana

La urbanización aumenta la variedad y cantidad de contaminantes que llegan a los cuerpos receptores. En las zonas urbanas y suburbanas, gran parte de la superficie terrestre está cubierta por edificios, pavimento y otras impermeabilizaciones. Estas superficies no permiten que la lluvia y/o en algunos lugares la nieve derretida se infiltre en el suelo, lo que aumenta considerablemente el volumen y la velocidad de la escorrentía de las aguas pluviales. Las aguas pluviales urbanas transportan un amplio espectro de contaminantes que llegan a los ríos, lagos, estuarios y aguas costeras, causando un impacto importante en los mismos.

Los contaminantes de las escorrentías urbanas incluyen: sedimento; aceite; grasa y sustancias químicas tóxicas provenientes de motores de vehículos; pesticidas y nutrientes de espacios verdes y jardines; virus, bacterias y nutrientes de desechos de mascotas; polvo de calles, autopistas y carreteras; metales pesados de techos, vehículos y otras fuentes.

Boyle Torrey (2004) expresa que el nivel actual y el crecimiento de la urbanización difieren considerablemente según la región. Casi todo el incremento demográfico futuro tendrá lugar en las ciudades y capitales, es de esperar que tanto el aumento de la población mundial como su redistribución afecten los sistemas naturales terrestres y la interacción entre la población y el medio ambiente urbano. En el Gráfico N° 1 se observa el porcentaje de población urbana y una proyección al 2030.

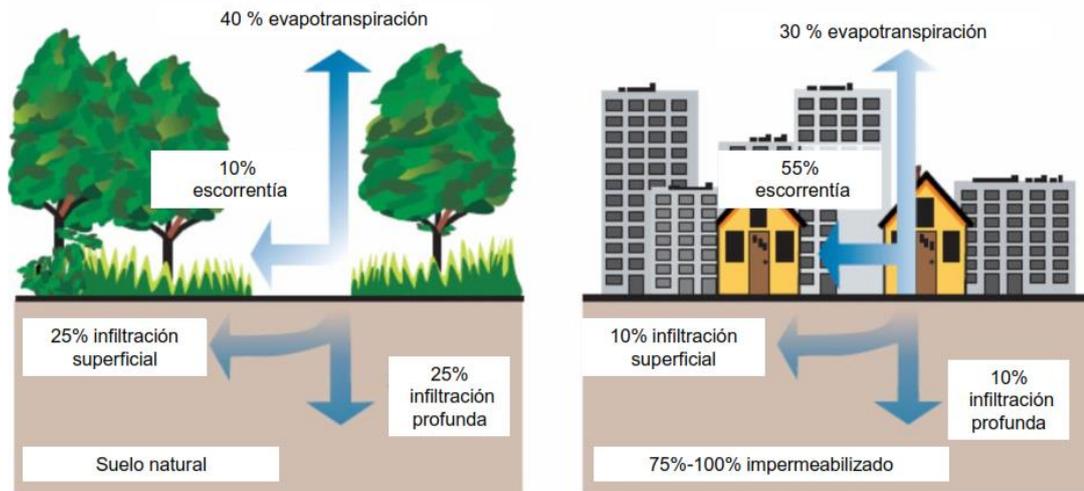
Gráfico N° 1 Porcentaje población urbana y proyección al 2030.



Fuente: Naciones Unidas, en Boyle Torre (2004)

Según EPA (2003) a causa de las superficies impermeables como el asfalto y techos, una cuadra típica de ciudad genera 5 veces más de escorrentía que una zona de bosque del mismo tamaño. En el Gráfico N° 2 se observa la relación entre cobertura impermeable y escorrentía superficial.

Gráfico N° 2 Relación entre cobertura impermeable y escorrentía superficial



Fuente: EPA (2003)

2.7.1 Zn proveniente de los techos

Las industrias relacionadas a la construcción utilizan aceros, aluminio, cobre y zinc, para estructuras expuestas a la intemperie y en atmósferas con diferente agresividad. Es conocido que en ambientes atmosféricos los metales sufren deterioro, debido a su oxidación (corrosión) espontánea, cuando su superficie es humedecida con una capa de agua condensada, rocío, lluvias, niebla o nieve. Para el Zn, este proceso de corrosión es electroquímico y provoca la formación de una película protectora (óxidos/hidróxidos/carbonatos de Zn) que constituye una barrera física entre el metal y el medio ambiente. La duración del proceso de corrosión depende sobre todo del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica. Sin embargo, esta capa de corrosión puede ser transformada en una película no protectora, debido a una remoción física (vientos y erosión) o una disolución parcial, durante precipitaciones o la condensación de agua sobre la superficie del metal (Meraz et al., 2007); (Vera et al., 2013); (He, 2002).

Uno de los factores que determina la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química de la misma. El SO_2 y el NaCl son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera. El NaCl se incorpora a la atmósfera desde el mar. En áreas no costeras la contaminación atmosférica depende de la presencia

de industrias y núcleos de población, siendo el contaminante principal por su frecuencia de incidencia sobre el proceso corrosivo el dióxido de azufre (SO₂), proveniente del empleo de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre, (He, 2002), (Horváth, 2012), (Heijerick et. al, 2002), (Netherlands Centre for Water Management, 2008).

Es altamente probable que estos dos procesos se den en el área de estudio de esta investigación, ya que convergen áreas costeras, zona industrial/portuaria y un importante núcleo urbano.

En un ambiente marino, los productos de corrosión del Zn son: simonkolleite (Zn₅(OH)₈Cl₂.H₂O), hydrozincite (Zn₅(CO₃)₂(OH)₆) e hidroxilo clorosulfato (NaZn₄Cl(OH)₆SO₄.6H₂O). Estos productos de corrosión incluyen cloruro de Zn (ZnCl₂) y sulfato de Zn (ZnSO₄), que no son adherentes y se pueden quitar físicamente de la superficie de metal (por el viento o la erosión), disuelto por la lluvia o la condensación. (Vera et al., 2013); (Meraz et al., 2007); (Miller, 2001).

En las zonas urbanas la mayor parte de la escorrentía del techo entra en el sistema de alcantarillado y son transportadas directamente a un cuerpo receptor.

Pitt y Lalor, (2000) hacen referencia a estudios previos realizados, en los que se relaciona la presencia de contaminantes en los desagües pluviales urbanos a fuentes tales como: techos, áreas de estacionamiento, calles, áreas de estaciones de servicio para vehículos, entre otras. Una fuente significativa de aporte de Zn es la escorrentía de los techos de chapa.

El agua de escorrentía en cada evento de lluvia ha mostrado una alta concentración de metales en el primer volumen de precipitación, una concentración del metal disminuyendo con el aumento de volumen de agua caída, y finalmente una concentración del metal más o menos constante (estado estacionario). La magnitud de la concentración de Zn durante este estado sólo fue influenciada por la intensidad de la lluvia y el pH. (Meraz et al., 2007); (Mendez et al., 2011); (He, 2002).

La velocidad de disolución del Zn, como se expresó, depende de la contaminación atmosférica, la composición del producto de corrosión, el pH y la intensidad de la

lluvia, también influye la pendiente y la orientación de la superficie. Varias investigaciones midieron las tasas de escorrentía de Zn en diferentes materiales, todos basados en este metal, las mismas variaron entre 0,9 y 8,7 g/m². Cerca de la costa marina, en el entorno urbano y rural las tasas de escorrentía de Zn fueron 3,7; 2,6 y 1,6 g/m², con precipitaciones anuales de 550 mm (Horváth, 2012).

Vera et al. (2013), realizaron sus experimentos sobre una placa de acero con un baño de galvanizado, en el cual midieron las concentraciones de Zn en la escorrentía generada. Observaron que presentan correlación con los volúmenes de precipitaciones, la periodicidad de lluvia y la duración de la estación seca. La pérdida total de Zn calculada debido a la escorrentía fue 0,65 ± 0,04 g/m². Estudios en Netherlands Center for Management (2008) mostraron que la tasa es casi cuatro veces mayor en las superficies horizontales en comparación con las superficies verticales (3,6 y 0,91 g/m² por año, respectivamente). Una tasa promedio de 2,38 g/m² por año fue determinada por Auckland Regional Council (2010), en base a diferentes estudios.



Foto N° 1 Típica escorrentía de techo

En la Tabla N° 4 se resumen las concentraciones de Zn medidas en la escorrentía de diferentes tipos de techos, incluyendo el dato de precipitación anual, si estaba informado.

Tabla N° 4 – Zn en escorrentía de techos.

Locación	Carga de Zn (g/m2 año)	Precipitación (mm / año)	Referencia
Nantes, Francia		788,5	
Membrana Asfáltica	0,278		
Tejas	0,4		
Chapa de Zn	3,23		
Lajas	1,128		Lamprea and Ruban (2008)
Budapest, Hungría	0,975	390	Horváth A. (2012)
Brest, Francia	2,6	740	Sandberg J. (2007)
Paris, Francia			
Conurbano	3,3 - 3,8	912	Gromaire et al. (2011)
Estado Tabasco, México	8,20 - 12,40	1400 - 2100	Meraz et al. (2007)
Europa	2,3 - 7,5	s.d.	Miller M. (2013)
Estocolmo, Suiza		500	
Marino	3,7		
Urbano	2,6		
Rural	1,6		He W. (2002)
Estocolmo, Suiza			
Urbano	3	s.d.	Auckland Regional Council (2010)
Estocolmo, Suiza	0,07 - 3,5	540	Timperley et al. (2005)
Valparaíso, Chile	0,65	652	Vera et al. (2013)
Auckland City		1120	
Residencial	0,02		
Comercial	1,92		
Industrial	0,12 - 2,25		Timperley et al. (2005)
Auckland City			
Promedio	2,38	s.d.	Auckland Regional Council (2010)

Fuente: elaboración propia

2.7.2 Zn proveniente del polvo de las calles

El polvo que se deposita en las calles, avenidas y carreteras se origina de la interacción de materiales sólidos, líquidos y gaseosos que se generan a partir de diferentes fuentes. Estas fuentes pueden ser móviles o estacionarias, como emisiones vehiculares, industriales, plantas de generación de energía eléctrica, construcción y actividades de demolición, así como la re-suspensión de los suelos que rodean a los aglomerados urbanos, los aportes biológicos como fragmentos de hojas y polen por efecto del viento.

Las emisiones vehiculares son las fuentes de partículas más relevantes que impactan en los sitios de muestreo urbano; la concentración total en número de partículas está fuertemente asociada a las actividades urbanas y a la meteorología. La distribución de tamaños reveló que existen claramente dos grupos de partículas propias de los sitios urbanos: uno con diámetros mayores a 1 μm , asociado a fuentes locales y posiblemente relacionado con procesos mecánicos, polvo erosionado por el viento o de re-suspensión, y el otro con diámetros entre 0,25 y 1 μm , provenientes de procesos de combustión (Allende et al., 2013).

La distribución espacial de los metales a lo largo de las carreteras estudiadas mostró una correlación con el número de vehículos y la cantidad de polvo recogido por hora (Alhassan et al., 2012).

Se ha demostrado que el polvo de la calle, carreteras y autopistas tienen una alta concentración de Zn y una de sus principales fuentes es el tránsito vehicular, especialmente por el desgaste de los neumáticos (Xiangdong et al., 2001), (Yetimoglu et al., 2007).

Fujiwara et. al (2013), colectaron, tamizaron y caracterizaron el polvo de las calles de la megaciudad de Buenos Aires. Del análisis de los principales componentes químicos medidos les fue posible atribuir el origen de las partículas a cinco tipos de fuentes principales: (i) abrasión de los frenos; (ii) aporte geológico; (iii) desgaste de piezas de los vehículos automotor (distintas de los frenos y neumáticos); (iv) desgaste de neumáticos más emisiones del sistema de escape; (v) actividades de construcción/demolición. Además, les permitió corroborar que la contribución de los elementos químicos, entre ellos el Zn tuvo características netamente antropogénicas.

En la Tabla N° 5 se extractan las concentraciones de Zn en el polvo de calles, autopistas y rutas de diferentes ciudades del mundo. Todos los valores son superiores al valor de la concentración de Zn en la corteza terrestre, excepto en uno de ellos, y dan indicio de que el medio ha sufrido la acción antropogénica.

Tabla N° 5 – Concentración de Zn proveniente de polvo de calles
 (Varias ciudades del mundo)

Ciudad	Concentración de Zn (ppm)	Referencia
Aqaba, Jordania	144	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Amman, Jordania	358	en Al-fatlawi and Al-Alwani (2012)
Baréin	151,8	en Al-fatlawi and Al-Alwani (2012)
Beijing, China	248,5	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Birmingham, Reino Unido	534	en Salmanzadeh et al. (2014)
Buenos Aires, Argentina	908	Fujiwara et al (2013)
Coventry, West Midlands, Reino Unido	385,7	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Delhi, India	330	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Edinburgh, Escocia	213,57	Pal et al. (2011)
Gela Town, Italia	240	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Hilla, Iraq	697,35	Al-fatlawi and Al-Alwani (2012)
Hongkong, China	1450	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Islamabad, Pakistan	116	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Estambul, Turquía	431,2	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Kavala, Grecia	354	en Salmanzadeh et al. (2014)
Kuala Lumpur, Malasia	344	en Salmanzadeh et al. (2014)
Londres, Reino Unido	680	en Salmanzadeh et al. (2014)
Luanda, Angola	317	en El-Sayed et al. (2010)
Maha Sarakham, Tailandia	58,02	Ma and Singhirunnusorn (2012)
Mutah, Jordania	132	en Salmanzadeh et al. (2014)
Madrid, España	476	en Salmanzadeh et al. (2014)
Oslo, Noruega	412	en Salmanzadeh et al. (2014)
Ottawa, Canada	184	en Salmanzadeh et al. (2014)
Porto Alegre, Brazil	377,64	Poleto and Merten (2007)
Shanghai, China	733,8	en Ma and Singhirunnusorn (2012).
Teheran, Iran	863	Salmanzadeh et al. (2015)
Tokat, Turquía	98	en Al-fatlawi and Al-Alwani (2012)
Yola, Nigeria	225,74	Shinggu et al (2010)
Zagazig, Egipto	196,31	El-Sayed et al. (2010)
Contenido Corteza Terrestre	75	en Salmanzadeh et al. (2014)
Valores de fondo en suelo de China	68,8	en Salmanzadeh et al. (2014)

Fuente: Elaboración propia en base a: Salmanzadeh et al., (2014); Ma and Singhirunnusorn, (2012); El-Sayed et al., (2010); Al-fatlawi and Al-Alwani, (2012); Poleto and Merten, (2007); Pal et al., (2011); Shinggu et al., (2010); Fujiwara, et al, (2013).

Diferentes autores han calculado en base a datos experimentales índices que determinan cuan impactado se encuentra el medio ambiente. A continuación se

resumen algunos valores de estos índices para Zn: Salmanzadeh et al, (2014) determinó el Código de Evaluación de Riesgo (siglas RAC, del inglés Risk Assessment Code) e Intensidad de polución (siglas Ipoll, del inglés Pollution Intensity) en calles de Teheran, los resultados fueron: Moderadamente Contaminado y Alto Riesgo respectivamente. Sampson Atiemo et al. (2011) determinó el Factor de Enriquecimiento (siglas EF,-del inglés Enrichment Factor) y el Índice de Geoacumulación (siglas Igeo, del inglés index of geo-accumulation) en Accra, los valores de EF mostraron resultados de moderado a significativo; mientras que el Igeo, en el rango de no contaminado a moderadamente contaminado. Qiao et al. (2013), utilizaron el Índice de Contaminación (siglas Pi contamination index) cuyas mediciones dieron valores de alta, moderada y baja contaminación dependiendo del sitio de muestra. Bhattacharya et al. (2013), calcularon el Factor de Contaminación (siglas CF, del inglés Contamination Factor) resultando moderadamente contaminado para la ciudad de Anand. Ayrault et al. (2013), determinó el Factor de Enriquecimiento para la ciudad de Grenoble con un valor de enriquecimiento muy alto. Mmolawa et al. (2011), calculó el Factor de Enriquecimiento (EF), el Factor de Contaminación (CF) y el Índice de Geoacumulación (Igeo) en diferentes áreas contiguas a carreteras en Botswana, dando valores de enriquecimiento mínimo, baja contaminación y moderadamente contaminado respectivamente. En general los estudios de estos investigadores han demostrado que el polvo depositado en calles, autopistas y zonas lindantes tienen un contenido de Zn superior al de fondo, por lo tanto la actividad humana está impactando el medio, en un rango de moderado a alto de acuerdo con estos índices. Surge la necesidad de contar con el estudio de alguno de estos índices tanto para la ciudad de Bahía Blanca como su estuario.

El Zn se añade a la banda de rodado de un neumático de caucho principalmente como óxido de Zn (ZnO), y en menor cantidad como una variedad de compuestos organometálicos, para facilitar la vulcanización del caucho. Los análisis del contenido de Zn en neumáticos, reportados en la literatura, están en el rango de 0,04 % a 1,55 % en peso de Zn; la mayoría de los resultados presenta un contenido próximo al 1% en peso de Zn. Asumir un valor de 1% parece razonable y conservativo según Councill et al. (2004).

El tamaño de las partículas emitidas por el desgaste de los neumáticos está en el rango de 0,01 μm a 30 μm , (Councell et al., 2004), (Cadle and Williams, 1979). Mientras que las partículas liberadas inicialmente van al aire, está claro que éstas se depositarán a distancias relacionadas con su diámetro aerodinámico. Se asume que el 8% del desgaste de los neumáticos se emite en forma de PM_{10} y 15% de ese PM_{10} es $\text{PM}_{2.5}$ o sea, el 1,2% del desgaste total se emite como $\text{PM}_{2.5}$ (EPA, 2014).

El número de neumáticos para cada tipo de vehículo considerado por Councell et al. (2004) fue: 4 neumáticos para vehículos de pasajeros, 6 para autobuses y camiones ligeros, y 18 para camiones de mayor porte. El mismo autor proporciona un rango de velocidad de desgaste de los neumáticos en: 0,006; 0,012; 0,05 y 0,09 g/km. Además agrega que en la literatura el valor de la mediana de las tasas de desgaste es de 0,04 g/km, y la mayoría de los valores están por debajo de 0,1 g/km. A efectos de hacer estimaciones optaron por un valor de desgaste de 0,05 g/km.

La escorrentía que se genera los días de lluvia arrastra los polvos depositados en las calles, carreteras y autopistas, hacia los desagües pluviales de las ciudades y pasan a ser un riesgo para el medio acuático donde descargan.

Cuando se considera el destino y transporte de metales derivados de los neumáticos, como Zn, son factores muy importantes: la lixiviación de Zn desde las partículas de neumáticos, la absorción del Zn disuelto por suelos superficiales, y la retención física de partículas por la vegetación y otros componentes de la superficie de la tierra. Sin duda, estos procesos retardan el movimiento de Zn en la cuenca hacia el cuerpo receptor y reducen la tasa de acumulación de Zn antropogénico en la columna de sedimentos (Councell et al., 2004). Muestras realizadas por Moores J. (2009) en la escorrentía de cuatro carreteras en Auckland, determinaron que la vegetación retiene el 70% de los sólidos y el 67% del Zn total depositado sobre éstas, no así el Zn disuelto.

2.9 Deposición atmosférica.

Las emisiones de metales pesados a la atmósfera en todo el mundo por fuentes naturales son para Ni: 26; Pb: 19; Cu: 19; As: 7,8; **Zn: 4**; Cd: 1,0; Se: 0,4 en miles

de toneladas por año. Por fuentes antropogénicas Pb: 450; **Zn: 320**; Ni: 47; Cu: 56; As: 24; Cd: 7,5; Se: 1,1 en miles de toneladas por año (Valavanidis et. al, 2008)

La emisión de contaminantes antropogénicos a la atmósfera se da por tres tipos de fuentes: puntuales, son aquellas fuentes fijas asociadas a las grandes instalaciones industriales; móviles, generadas por el movimiento de los vehículos y de área, identificadas con fuentes industriales más pequeñas, y el polvo resuspendido (Stolzenbach, 2006).

La deposición atmosférica es el proceso por el cual sustancias químicas, tales como partículas contaminantes, llamadas aerosoles, son transferidas de la atmósfera a la superficie de la tierra. Este es un fenómeno que se observa a diario, cualquiera que haya sacado el polvo de una habitación o lavado un coche, se ha encontrado con los efectos de la deposición atmosférica.

Aerosol es la fase dispersa de un sólido, un líquido o mezcla de ambos, en una fase continua gaseosa, normalmente aire (IUPAC, 2013). Las principales características de los aerosoles que impactan en la deposición atmosférica son:

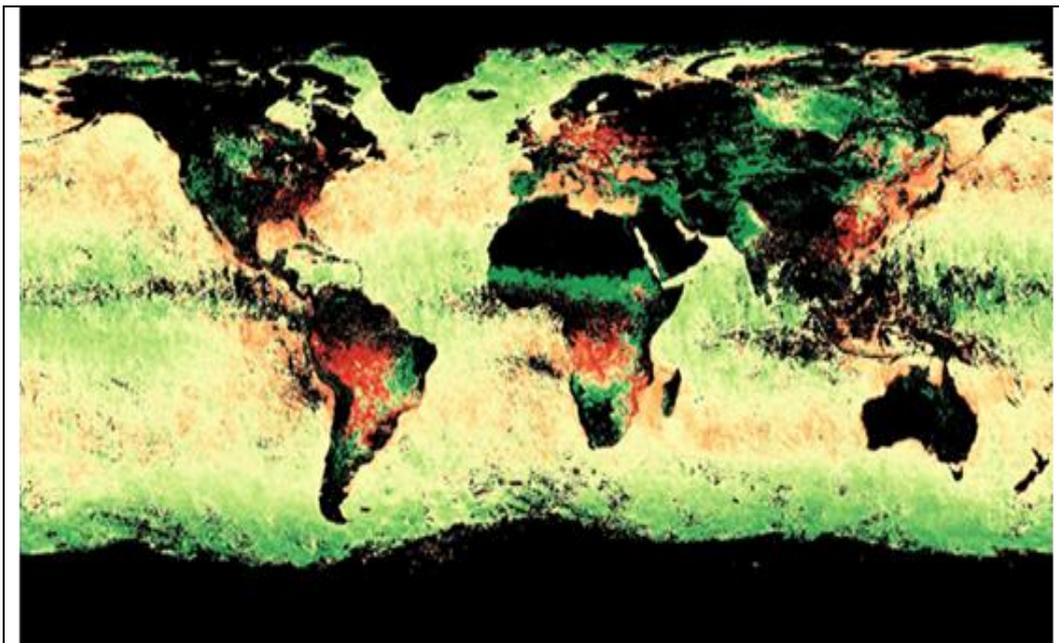
- Su tamaño, debido al mismo las partículas de la fase dispersa tienen una pequeña velocidad de sedimentación y por lo tanto presentan un cierto grado de estabilidad en el campo gravitacional de la tierra.
- Sus propiedades, un aerosol puede caracterizarse por su composición química, su radiactividad (si la hay), la carga eléctrica y las propiedades ópticas.
- Su distribución de tamaño de partículas, comprende las partículas con diámetros equivalentes por lo general entre 0,01 a 100 micrones. Esta se extiende más allá del rango de tamaño especificado para un sistema coloidal (1 nm - 1 μ m).

Los aerosoles afectan una gran variedad de procesos en la atmósfera. Por ejemplo, las partículas pueden cambiar las propiedades de las nubes, dispersar directamente la radiación solar, afectar la visibilidad y el clima (Allende et al., 2013).

Los contaminantes en la atmósfera se pueden depositar sobre las superficies sólidas de un área y luego ser lavada por la lluvia, pasando a formar parte de la escorrentía de aguas pluviales que llega a los ríos, lagos y aguas costeras. Aquellos contaminantes que no se laven se acumularán en las superficies, especialmente en períodos secos, formando un depósito de sustancias tóxicas, que pueden volver a suspender en el aire nuevamente. También pueden depositarse directamente de la atmósfera sobre la superficie de un cuerpo de agua (Stolzenbach, 2006).

En la Figura 1 se observa una imagen satelital del radio de partículas de aerosoles, seguimiento a nivel mundial, obtenida por el sistema satelital de la NASA (página web NEO).

Figura N° 1 Radio de partículas de aerosoles



Referencias:

- Las zonas rojas muestran aerosoles formados por partículas más pequeñas. Estas plumas de color rojo están sobre las regiones donde seres humanos producen la contaminación.
- Las áreas verdes muestran plumas de aerosol compuestas de partículas más grandes. Estas plumas de color verde están sobre regiones donde los aerosoles se producen naturalmente.
- Las zonas amarillas muestran penachos en los que se mezclan partículas de aerosol grandes y pequeñas.
- Las zonas negras muestran donde el satélite no podía medir aerosoles.

Fuente: página web <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov>

Se han definido dos tipos de mecanismos para la deposición atmosférica: la deposición húmeda, que ocurre cuando las gotas de lluvia arrastran las partículas hacia la superficie de la tierra o agua; mientras que la deposición seca, es la combinación de la difusión molecular, movimiento Browniano y sedimentación gravitacional (Lee Siu Lan, 2007).

La deposición húmeda es el modo de deposición más importante en regiones con precipitaciones anuales apreciables, pero en las regiones semiáridas, la deposición atmosférica es probable que sea dominada por procesos de deposición seca (Stolzenbach, 2006). En general, partículas $< 0,1$ micrones son removidas mayormente por difusión Browniana y partículas grandes > 10 micrones por sedimentación gravitacional (Zheng et al, 2005).

Los tres factores importantes para que una parte del océano reciba sustancias de la atmósfera que podrían alterar los procesos biogeoquímicos son: la reactividad del material que se deposita, el tiempo de permanencia de los productos químicos en la atmósfera y los sistemas de transporte atmosféricos relacionados con las fuentes antropogénicas, es decir, dónde se emite el producto químico, cuánto tiempo permanece en la atmósfera y qué es lo que hace cuando pasa al océano. El tiempo de permanencia en la atmósfera de un agente contaminante es quizás el factor más importante a la hora de determinar si se producirá un proceso de transporte significativo del contaminante hacia zonas de océano abierto. En general, si el tiempo de permanencia en la atmósfera de una sustancia es breve, por ejemplo varios días, esta se transportará a escala local o regional. Sin embargo, las sustancias con un período de permanencia que se prolonga por espacio de varias semanas pueden experimentar procesos de transporte a escala hemisférica, mientras que los compuestos con período de permanencia de más de uno o dos años pueden transportarse a través de todo el mundo. Las sustancias presentes en partículas, como por ejemplo, la mayor parte de los metales pesados, por regla general contarán con períodos de permanencia relativamente breves (entre unos días y varias semanas), y su eliminación, ya sea a través de deposición húmeda o seca sobre la superficie oceánica, se producirá generalmente a escala local o regional, especialmente cercana a las líneas costeras, en el caso de fuentes de origen terrestre (Duce et al., 2009).

En la Tabla N° 6 se pueden observar valores de deposición atmosférica en distintas áreas del mundo recopilada de la bibliografía consultada.

Tabla N° 6 Partículas sedimentables en áreas del mundo.

Área	Deposición de partículas [g/m ² año]	Referencia
Sierra Nevada	11,2	Morales-Baquero et al. (2006)
Montseny, España	5,3	Morales-Baquero et al. (2006).
Alpes	0,2	Morales-Baquero et al. (2006).
Corsega, Italia	12	Morales-Baquero et al. (2006).
East Mediterranean area	36 - 72	Morales-Baquero et al. (2006).
Varanasi, India		
Zona de alto tránsito	1362	
Zona Comercial	977,67	Tiwari et al. (2008)
Zona Residencial	718	
Zona sub-urbana	594,33	
Buffalo River, EE.UU.	26,39	Torok et al. (1995)
Colorado, EE.UU.	5,20 - 26,00	Lewis et al. (1984)

Fuente: Elaboración propia

Bermúdez et al., (2012), determinaron la concentración promedio y flujo de metales en la deposición atmosférica de diez áreas de la provincia de Córdoba, Argentina. En la Tabla N° 7 se resumen los valores de las concentraciones de deposición para el Zn.

Varios autores han realizado investigaciones para determinar la cantidad de metales pesados en deposiciones atmosféricas, como así también han hecho una revisión bibliográfica de valores determinados en otros lugares. En la Tabla N° 8 se muestran algunos a modo de referencia para Zn.

Tabla N° 7 Deposición atmosférica de Zn, provincia de Córdoba

Área	Característica	Deposición de Zn. [kg/km ² año]	
		Promedio	Varianza ±
Córdoba Capital	Sub-urbana, Industrias Metal - Mecánica	45,70	4,53
Chancaní	Reserva Forestal	26,23	7,52
Despeñaderos	Zona Rural y de Turismo	160,14	59,55
Estación Gral. Paz	Comunidades rurales	12,77	2,39
El Durazno	Zona de Grandes Sierras	9,79	2,99
Oliva	Parte Planicie Chaco- Pampeana	52,40	11,60
Pozo del Tigre	Comunidades rurales	235,58	24,34
Rio Tercero	Industrias Químicas y Petroquímicas	59,54	21,49
Schalagintweit Mina de Uranio	Mina abierta	18,26	4,50
Yocsina	Cementera e Incinerador Desperdicios	49,82	19,28

Fuente: Bermúdez et al (2012).

Tabla N° 8 Deposición atmosférica de Zn en diferentes lugares del mundo

Área	Precipitación	Deposición de Zn [kg/km ² año]		
	mm/año	Total	Húmeda	Seca
Amman	-			29,7
Bombay, India	-			37,2
Cap Ferrat (Ligurian Sea)	760	9,0	6,0	
China	-	89,5		
Coastal stations	438		31,0	
	778-1028	20,6 - 55,6		
	-	9,3 - 156,0		
Dutch Continental Shelf	-	2,4 - 4,4		
Francia	-	16,9		
	-	15,6		
German Bight	677		4,3	
Gold Coast, Australia	-	21,5 - 912,5		32,2 - 310,3
HKUST, Hong Kong	-	61,4	33,3	28,1
India	-	61,3		
	-	52,5		
Italia	-	367,0		
	-	3,5 - 92,5		
Jamaica	-			18,3
North Sea	680	5,0 - 23,0		
	430		170,0	
	500	15,1		
	-	14,0 - 110,0		
	-	89,0		
	-			11,0
Pin Sec, East Nantes City	-	36,1 - 186,5		
Scotland (coast)	-		7,6	
Serbia	-	41,4		
Southern Bight	458	0,015		
	500	30,2	19,7	
Southern North Sea	-		143,0	
Southern Norway (coast)	1399	12,0		
Sweden West coast	-	9,0		
Total Mediterranean Sea	-	11,0		
Tropical North Pacific Sea	-	0,67		
Turquia	-	9,9		
Varanasi, India	-	33,7		
W. Mediterranean Sea	-	3,6 - 14,0		
Western Mediterranean	-			4,3

Fuente: Bermudez et al. (2012); Gunawardena et al. (2013); Injuk et al. (1995); Lamprea and Urban (2008); Migon et al. (1990); Momani et al. (2000); Tiwari et al. (2008); Zheng et al. (2005).

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 3

MARCO LEGAL

MARCO LEGAL

3.1 General

A partir de la reforma de la Constitución Nacional, en 1994, se estableció un régimen por el cual se dispone que la Nación tiene a su cargo el dictado de leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental y las provincias tienen a su cargo el dictado de normas para complementar los mencionados presupuestos.

En efecto, el artículo 41 de la Constitución Nacional establece que *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.”*

Si bien son varios los tratados internacionales en materia ambiental ratificados por la Argentina, como así también las leyes, decretos y normas, que regulan diversos aspectos, tanto nacionales, provinciales como ordenanzas municipales, a continuación se hace mención solamente a aquellos que tienen alcance al presente trabajo de tesis, ordenadas por número.

3.2 Leyes nacionales

Ley Nacional 21.947/79. Esta Ley aprueba el "Convenio sobre prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias". En la cual se

acuerda que: “Las Partes Contratantes promoverán individual y colectivamente el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino, y se comprometen especialmente a adoptar todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por el vertimiento de desechos y otras materias que puedan constituir un peligro para la salud humana, dañar los recursos biológicos y la vida marina, reducir las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otros usos legítimos del mar.”

Complementada por la Disposición 3/2014 de la Prefectura Naval Argentina, que regula la descarga a las aguas de desechos y otras materias transportados por buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones, con el propósito de su eliminación, o que deriven de su tratamiento a bordo.

En el Anexo II del Convenio mencionado, se lista al Zn como una de las sustancias que requieren permiso especial para su vertimiento.

Ley Nacional 22.190/80. Establece el régimen de prevención y vigilancia de la contaminación de las aguas u otros elementos del medio ambiente por agentes contaminantes provenientes de los buques y artefactos navales.

Ley Nacional 23.919/91. Aprueba la convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, firmada en Ramsar, Irán en 1971. Además con la Ley Nacional 25.335/00, se aprueban las enmiendas a la convención sobre humedales, adoptadas por la conferencia extraordinaria de las partes contratantes en la ciudad de Regina, Canadá en el año 1987. Si bien el área de estudio tiene involucrados humedales, estos no están en la lista de RAMSAR. En el año 2011 se elaboró un proyecto de ordenanza municipal en Bahía Blanca para incluir al estuario bahiense en la lista. La resolución 776/14 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable aprueba el procedimiento para solicitar la inclusión de un sitio en la Lista de Humedales de Importancia Internacional.

Ley Nacional 23.922/91. Aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Suscripto en la ciudad de Basilea, Suiza, el 22 de marzo de 1989. En el Anexo 1, define las

categorías de los desechos que hay que controlar. Los compuestos de Zn se identifican con la categoría Y23.

Ley Nacional 24.051/92. "Residuos Peligrosos" y su Decreto Reglamentario N° 831/93. Establece que será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Presenta dos anexos en los que detalla cuáles son los residuos considerados peligrosos y lista una serie de características que, si el residuo posee alguna de ellas, también es considerado peligroso.

Es considerado generador, a los efectos de esta ley, toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos.

Además, define las condiciones que debe cumplir el transportista de residuos peligrosos y de las plantas de tratamiento y disposición final; como así también el régimen sancionatorio y penal.

Su Decreto Reglamentario lista los compuestos peligrosos y su nivel guía tanto para calidad de agua como fuente de vida humana; protección de la vida acuática en agua dulce superficial; protección de la vida acuática en agua salada superficial; protección de la vida acuática en agua salobre superficial; agua para irrigación; agua para bebida de ganado; agua para recreación; agua para pesca industrial; calidad de suelos para uso agrícola, industrial, residencial; calidad de aire ambiental y emisiones gaseosas.

Ley Nacional 24.089/92. Aprueba el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, sus Anexos y sus Protocolos I y II, adoptados en la ciudad de Londres, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, el 2 de noviembre de 1973, así como el Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques.

Complementada por la Resolución 2/12 de la Prefectura Naval Argentina, que adopta las resoluciones del comité de protección del medio marino (MEPC) de la Organización Marítima Internacional (OMI), a los efectos de su integración al marco técnico-jurídico; y la Disposición 5/14 del mismo organismo, relacionada al manejo de aguas sucias de los buques. Quedan sujetos a los requerimientos de la

disposición: los buques de matrícula nacional, los acogidos a un régimen provisorio de “cese de bandera”, y los que de algún modo se incorporen con derecho a ser considerados como de bandera Argentina.

Ley Nacional 24.543/95. Aprueba la “Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar”. A través de esta Convención, los Estados son responsables del cumplimiento de sus obligaciones internacionales relativas a la protección y preservación del medio marino y de asegurar que sus sistemas jurídicos ofrezcan recursos que permitan la pronta y adecuada indemnización u otra reparación por los daños causados por la contaminación del medio marino por personas naturales y jurídicas bajo su jurisdicción

Ley Nacional 25.612/02. “Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios”. Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Ley Nacional 25.675/02. “Ley General del Ambiente”. Establece los 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. La política ambiental argentina está sujeta al cumplimiento de los siguientes principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación. Además ratifica el acta constitutiva del Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA¹⁰).

Ley Nacional 25.688/02. “Régimen de Gestión Ambiental de Aguas”. Establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Para las cuencas interjurisdiccionales se crean los comités de cuencas hídricas.

¹⁰ Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) organismo permanente para la concertación y elaboración de una política ambiental coordinada entre los Estados miembros.

Ley Nacional 25.841/04. Aprueba el Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR, suscripto en Asunción, Paraguay, el 22 de junio de 2001. Este acuerdo tiene por objeto el desarrollo y la protección del medio ambiente mediante la articulación de las dimensiones económicas, sociales y ambientales, contribuyendo a una mejor calidad del ambiente y de la vida de la población.

Ley Nacional 25.916/04. “Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios”. Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Enuncia disposiciones generales, autoridades competentes, generación y disposición inicial, recolección y transporte, tratamiento, transferencia y disposición final, coordinación interjurisdiccional, autoridad de aplicación, infracciones, sanciones y disposiciones complementarias.

Han sido promulgadas algunas leyes de cooperación medio ambiental con varias naciones. En las mismas, se plantea que las partes emprenderán acciones coordinadas o conjuntas en materia de protección, preservación, conservación y saneamiento del medio ambiente e impulsarán la utilización racional y equilibrada de los recursos naturales, teniendo en cuenta el vínculo existente entre medio ambiente y desarrollo. Entre ellas se pueden mencionar:

- Ley Nacional 24105/92, Tratado sobre Medio Ambiente con la República de Chile.
- Ley Nacional 24.774/97, Tratado sobre Medio Ambiente suscripto con el Gobierno de la República de Bolivia y el Acuerdo por Canje de Notas.
- Ley Nacional 24.930/97, Acuerdo sobre Cooperación en Materia Ambiental suscripto con la República Federativa del Brasil.
- Ley Nacional 25.388/01, Acuerdo de Cooperación en Materia Ambiental suscripto con la República Tunecina.

3.3 Leyes, Decretos y Resoluciones de la Provincia de Buenos Aires

La Constitución de la Provincia de Buenos Aires, Sancionada el 13 de septiembre de 1994, en su artículo 28 establece:

Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras. La Provincia ejerce el dominio eminente sobre el ambiente y los recursos naturales de su territorio incluyendo el subsuelo y el espacio aéreo correspondiente, el mar territorial y su lecho, la plataforma continental y los recursos naturales de la zona económica exclusiva, con el fin de asegurar una gestión ambientalmente adecuada. En materia ecológica deberá preservar, recuperar y conservar los recursos naturales, renovables y no renovables del territorio de la Provincia; planificar el aprovechamiento racional de los mismos; controlar el impacto ambiental de todas las actividades que perjudiquen el ecosistema; promover acciones que eviten la contaminación del aire, agua y suelo; prohibir el ingreso en el territorio de residuos tóxicos o radiactivos; y garantizar el derecho a solicitar y recibir la adecuada información y a participar en la defensa del ambiente; de los recursos naturales y culturales.

Asimismo, asegurará políticas de conservación y recuperación de la calidad del agua, aire y suelo compatible con la exigencia de mantener su integridad física y su capacidad productiva, y el resguardo de áreas de importancia ecológica, de la flora y la fauna. Toda persona física o jurídica cuya acción u omisión pueda degradar el ambiente está obligada a tomar todas las precauciones para evitarlo.

Además, varias leyes y resoluciones provinciales mencionan al Zn:

Ley Provincia Buenos Aires 5.965/58 “Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera”. Esta ley proporciona las especificaciones generales sobre el agua, aire y descargas semisólidas. El área de preservación del agua fue regulada a través del Decreto 2.009/60 (PE). La emisión aérea y norma de calidad de aire fueron reguladas a través del Decreto 3.395/96, área ésta que históricamente estaba cubierta por Decreto 7.488/72, Reglamentario de la Ley Provincia Buenos Aires 7.229/67 (derogada por Ley Provincia Buenos Aires 11.459/93).

Posteriormente el Decreto Reglamentario 3.870/90 y 3.970/90 (PE), modifica el decreto 2009/60 (PE) y deroga el decreto 6.700/60 (PE).

Resolución AGOSBA 287/90 que fija los límites de vuelco a los distintos cuerpos receptores, algunos de estos límites fueron modificados por las Resoluciones:

AGOSBA 389/90; posteriormente ADA 336/03 y finalmente, ADA 335/08 que establece los requisitos para proyectos de remediación y establece parámetros complementarios de control de efluentes para la Resolución ADA 336/03.

Además, existen otras resoluciones que han modificado esta ley, que están relacionadas con el régimen sancionatorio; requisitos de los permisos de perforación, explotación de pozos y permisos de vuelco; cálculo de tasas a abonar y nomenclador de las actividades para el control de parámetros de vuelco.

Ley Provincia Buenos Aires 11.459/93 “Radicación industrial”, de aplicación a todas las industrias instaladas, que se instalen, amplíen o modifiquen sus establecimientos o explotaciones dentro de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires. Mediante esta ley, se exige a las industrias el Certificado de Aptitud Ambiental. Reglamentada por el Decreto 1.741/96 y Normas complementarias (por ejemplo Decreto 1.712/97, Decreto 3.591/98)

Ley Provincia Buenos Aires 11.720/95 “Residuos Especiales”. Establece las disposiciones para la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales. En el Anexo I define las categorías de desechos que hay que controlar y aquellas sustancias que contengan un residuo que debe ser considerado como residuo especial. En el Anexo II, lista las características que hacen que un residuo sea peligroso (por ejemplo: explosivos, líquidos inflamables, oxidantes, sustancias infecciosas). Respeta los lineamientos del Convenio de Basilea sobre control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación suscripto en Basilea, Suiza el 22 de marzo de 1989 (Aprobado por Ley Nacional 23.922/91).

Ley Provincia Buenos Aires 11.723/95 “Integral del Medio Ambiente y Recursos Naturales”. Establece la protección del medio ambiente, conforme el artículo 28° de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires. Tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general, en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica. Modificada por Ley Provincia Buenos Aires 13.516/06 que agrega el Art. 69 bis que dice: “*La Autoridad*

de Aplicación podrá disponer la clausura temporal total o parcial como medida preventiva cuando la situación sea de tal gravedad que así lo aconseje”.

Ley Provincia Buenos Aires 11.820/96 establece el Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en dicha Provincia, y las Condiciones Particulares de Regulación para la Concesión de los Servicios Sanitarios de jurisdicción Provincial. Actualizado el artículo 22 del Anexo, por Ley Provincia Buenos Aires 12.292/99. En el caso de los desagües cloacales fija los límites admisibles de descarga.

Ley Provincia Buenos Aires 12.257/99 “Código de Aguas”, establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la Provincia de Buenos Aires. Crea la Autoridad del Agua (ADA), ente autárquico de derecho público y naturaleza multidisciplinaria que tiene a su cargo actuar como autoridad de aplicación de esta ley y de las leyes que la modifiquen, sustituyan o reemplacen. Reglamentada por el Decreto 3.511/07 (PE). Posteriormente los artículos 10 y 11 de la ley fueron actualizados por la Ley Provincia Buenos Aires 14.520/13. Complementan esta ley los Decretos 878/03, “Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales” y el 634/06 adenda, acuerdo marco entre la provincia y Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA) relacionado con el programa de desarrollo sustentable en infraestructura de la provincia agua potable-desagües cloacales.

Ley Provincia Buenos Aires 12.530/00 “Programa especial para la preservación y optimización de la calidad ambiental”. Establece un monitoreo y control de emisiones gaseosas y efluentes líquidos de origen industrial, cuyo ámbito de aplicación es el Polo Petroquímico y el Área Portuaria del distrito de Bahía Blanca.

Ley Provincia Buenos Aires 13.592/06 “Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos”. El objetivo es fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley Nacional 25.916/04 de presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios.

Ley Provincia Buenos Aires 13.757/07 “Ley de Ministerios”, en su Art 31 crea el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), quien ejerce la autoridad de aplicación en materia ambiental en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, como entidad autárquica de derecho público en la órbita del Ministerio de Jefatura de Gabinete y Gobierno, con capacidad para actuar de forma pública y/o privada dentro del ámbito de la competencia que le asigna la ley, cuya organización y funcionamiento es sobre la base de la descentralización operativa y financiera. El Decreto 23/07 aprueba su estructura orgánico-funcional. Hasta ese momento, la temática ambiental estaba siendo abordada por la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

Ley Provincia Buenos Aires 14.343/11 “Pasivos Ambientales”. Tiene por objeto regular la identificación de los pasivos ambientales, y la obligación de recomponer sitios contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población, con el propósito de mitigar los impactos negativos en el ambiente.

El Decreto 1027/03, basado en la Ley 12.928/02 modificatoria de la Ley de Ministerios 12.856/02. Designa como Autoridad de Aplicación en la Provincia de Buenos Aires, para las Leyes 11.347/92, 11.459/93, 11.634/95, 11.720/95, 11.723/95 y 12.605/01 y los Decretos 4.992/90, 450/94 y su modificatorio, 403/97, 1.741/96, 3.395/96, 3.598/96, 806/97, 4.318/98 1.443/00, 2.283/01 al Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción. Legislación que tenía como autoridad de aplicación a la Secretaría de Política Ambiental.

3.4 Ordenanzas municipales

Prevención de la contaminación y recuperación de calidad ambiental de ambientes urbanos, conservación de la diversidad biológica y sistemas productivos sustentables se identifican como ejes principales en la gestión ambiental de los municipios. Las principales ordenanzas promulgadas mayoritariamente están dirigidas a las industrias y comercios localizados en el ejido urbano de la ciudad. El área industrial del Polo Petroquímico y Portuaria se rige principalmente por legislación nacional o provincial.

A continuación se enumeran aquellas ordenanzas que tienen relación con esta tesis:

Ordenanza municipal 6.209, “Transcribiendo la ordenanza marco para el Código de Preservación del Medio y Control de la Contaminación Ambiental”. Los objetivos de política ambiental que establece este código, son: la preservación y el control de la contaminación del medio ambiente, la atención de los riesgos naturales y otras formas de su degradación y el cuidado del patrimonio cultural y paisajístico.

Ordenanza municipal 8.862, “Control de efluentes y residuos líquidos”. Todos los establecimientos que evacuen efluentes líquidos deberán reunir las condiciones mínimas que se listan en el anexo de la ordenanza, previo al vuelco de los mismos.

Ordenanza municipal 12.672, “Referida a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)”. Regula la recolección, transporte y disposición de los residuos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y actividades de servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de especiales (según la Ley Provincia Buenos Aires 11.720/95).

Ordenanza municipal 15.753, acepta la oferta realizada bajo la modalidad de licitación pública efectuada por una empresa privada para la realización de la obra “Proyecto y ejecución para la recuperación y cierre definitivo del basural a cielo abierto Belisario Roldán”. Además el Departamento Ejecutivo deberá disponer lugares alternativos de disposición de los residuos que actualmente ingresan al predio, efectuar controles en las zonas aledañas para evitar la radicación de nuevos basurales y elaborar un programa que prevea contener la situación social de los trabajadores informales.

Además, las ordenanzas 8.628; 9.099 y 11.785; están relacionadas con la participación ciudadana en temas medio ambientales como evaluaciones de impacto ambiental y libre acceso a la información pública ambiental.

3.5 Niveles de referencia

Con el fin de poder comparar los posibles impactos peligrosos del Zn en el estuario, se aplica lo indicado en el Decreto Nacional 831/93 de la Ley Nacional 24.051/92 de Residuos Peligrosos, que establece en el Anexo II Tabla N° 3 niveles guía de calidad de agua para la protección de la vida acuática en aguas saladas superficiales. Además, se coteja con las guías de calidad para la protección de la vida acuática EPA (2002). La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) publicó un conjunto de Tablas SQuiRTs¹¹ con valores de referencia Buchman (2008), que para el Zn son los mismos que los establecidos por la EPA. En la Tabla N° 9 se presentan los niveles de referencia para Zn disuelto en agua del estuario.

Tabla N° 9 Niveles de referencia para Zn disuelto en agua del estuario

Metal	Decreto Nacional 831/93 (µg/L).	Exposición Aguda¹² EPA (µg/L).	Exposición Crónica¹³ EPA (µg/L).
Zn	0,2	90	81

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Para evaluar el nivel de concentración de Zn en aguas dulces superficiales se aplica lo indicado en el Decreto Nacional 831/93 de la Ley Nacional 24.051/92 de Residuos Peligrosos, que establece en el Anexo II Tabla N° 2 niveles guía de calidad de agua para la protección de la vida acuática en agua dulce superficial. Además, se coteja con las guías de calidad para la protección de la vida acuática EPA (2002) La NOAA publicó un conjunto de Tablas SQuiRTs con valores de referencia Buchman (2008), que para el Zn son los mismos que los de la EPA. En la Tabla N° 10 se presentan los niveles de referencia para Zn disuelto en agua dulce.

¹¹ Screening Quick Reference Tables.

¹² Exposición aguda: “Criterio de Concentración Máxima (CMC)” es una estimación de la concentración más alta de un material en el agua superficial a la cual una comunidad acuática puede ser expuesta brevemente sin dar lugar a un efecto inaceptable.US EPA (2002)

¹³ Exposición crónica: “Criterio de Concentración Continua (CCC)” es una estimación de la concentración más alta de un material en el agua superficial a la que una comunidad acuática puede ser expuesta de manera indefinida sin que se produzca un efecto inaceptable.US EPA (2002).

Tabla N°10 Niveles de referencia para Zn disuelto en agua dulce.

Metal	Decreto Nacional 831/93 (µg/L)	Exposición Aguda - EPA (µg/L)	Exposición Crónica - EPA (µg/L)
Zn	30	120	120

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En el caso de aguas subterráneas el Decreto Nacional 831/93 no hace referencia a esta calidad de agua, a efectos comparativos de concentración se utilizarán la guía de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional; Tabla 1, Anexo II del Decreto 831/93, reglamentario de la Ley 24051/92 (régimen de desechos peligrosos) y la guía publicada por la NOAA Buchman (2008), Tabla N° 11.

Tabla N° 11 Nivel de referencia para Zn disuelto en agua subterránea.

Metal	NOAA (µg/L)	Decreto Nacional 831/93 (µg/L)
Zn	5.000	5.000

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Hasta la fecha de emisión de esta tesis no hay estándares o niveles guías en la legislación nacional, provincial o local para la concentración de Zn en sedimentos marinos superficiales, por lo que se utiliza los valores guía publicados por la NOAA Buchman (2008) para parámetros inorgánicos contenidos en sedimentos marinos superficiales. En la Tabla N° 12 se presentan los valores de Nivel de Efecto Umbral -TEL (Threshold Effect Level), Rango de efectos Bajos – ERL (Effects Range Low), Nivel de Efecto Probable – PEL (Probable Effect Level) y Rango de Efectos Medios – ERM (Effects Range Median).

Tabla N° 12 Niveles de referencia para Zn en sedimento estuario

Metal	TEL (µg/g, p.s. ¹⁴).	ERL (µg/g, p.s. ¹⁴).	PEL (µg/g, p.s. ¹⁴).	ERM (µg/g, p.s. ¹⁴).
Zn	124	150	271	410

Fuente: Elaboración propia en base a Buchman (2008), 2015

Los efluentes de las descargas industriales y cloacales, deben cumplir con la legislación de la Provincia de Buenos Aires que tiene diferentes valores de límite máximo admisible de vuelco, en función del cuerpo receptor. Se aplican dos leyes: la Ley Provincia de Buenos Aires 5.965/58 junto con la Resolución ADA 336/03, que reemplaza a la Resolución AGOSBA 389/98, y la Ley Provincia de Buenos Aires 11.820/96. En la Tabla N° 13 se resumen los valores de límites máximos admisibles según cuerpo receptor para Zn, de acuerdo a las mencionadas legislaciones.

Tabla N° 13 Límites Máximos Admisibles según Cuerpo Receptor.

Legislación Provincia de Buenos Aires	Límite Máximo Admisible		
	Cuerpo de Agua Superficial (mg/L)	Mar Abierto (mg/L)	Colectora Cloacal (mg/L)
Ley 11.829/96	≤ 2,0	N.E.	N.A.
Ley 5.965/58, Resolución AGOSBA 389/98	≤ 2,0	≤ 5,0	≤ 5,0
Ley 5.965/58, Resolución ADA 336/03	≤ 2,0	≤ 5,0	≤ 5,0

N.E. según el texto de la Ley por el momento no se establecen límites permisibles.

N.A. No aplica.

Fuente: Elaboración propia, 2015

Con respecto a la concentración de metales en músculo de peces aceptados como aptos para consumo humano en nuestro país, puede recurrirse a los valores máximos permitidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) en conjunto con Grupo Mercado Común del MERCOSUR (GMC) y por el Decreto 4238/68 V.78 del Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA). En la Tabla N° 14 se presentan estos valores y a modo de comparación, se agregan los estándares de Food and

¹⁴ p.s.: en peso seco.

Agricultural Organization/Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) y Unión Europea (UE).

Para aquellos establecimientos dentro del ejido urbano de la ciudad, se aplica la Ordenanza Municipal 8.862, los valores permitidos de vuelco para Zn son los que se muestran en la Tabla N° 15.

Tabla N° 14 Concentración de Zn aceptados en músculo de peces.

Organismo	Zn ($\mu\text{g/g}$, p.h.¹⁵)
CAA ¹⁶	100
SENASA ¹⁷	100
FAO/OMS ¹⁸	50
UE ¹⁹	50

Fuente: IADO (2014)

Tabla N° 15 Niveles de Zn según Ordenanza Municipal

Metal	Colectora Cloacal (mg/L)	Ría (mg/L)	Agua dulce (mg/L)	Suelo (mg/L)
Zn	≤ 10	≤ 5	≤ 2	≤ 2

Fuente: Elaboración propia, 2015

¹⁵ p.h. peso húmedo.

¹⁶ CAA y GMC Resolución Conjunta 116/2012 y 356/2012. CAA, Capítulo III, Artículo 156 (Resolución 1546/85).

¹⁷ SENASA Decreto 4238/68 V78 febrero 2014. Capítulo XXIII. Productos de la pesca.

¹⁸ FAO/WHO (2006)= CAC (Codex Alimentarius Commission).

¹⁹ UE 2006.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 4

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

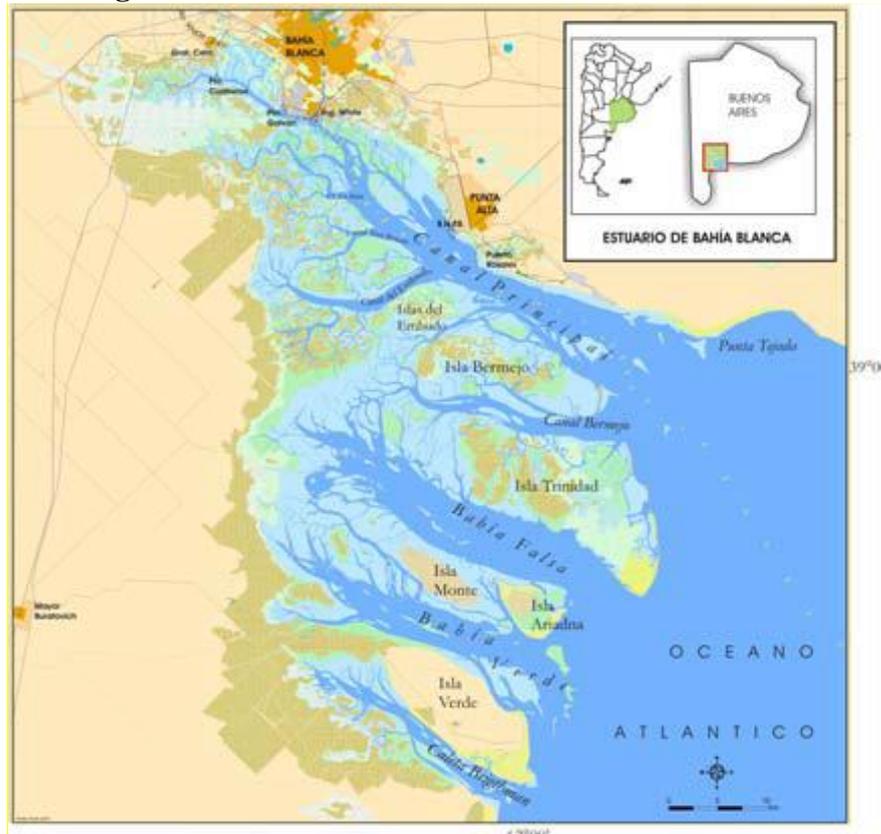
El estuario de Bahía Blanca está localizado entre los 38°45' y los 35°10' de latitud sur, y entre los 61°45' y los 62°30' de longitud oeste, abarcando aproximadamente una superficie de 3.000 km². Su respectiva cuenca hidrográfica de 19.000 km² ocupa parte del suroeste de la provincia de Buenos Aires (Figura N° 2). Posee dos secciones de costas, una ubicada al norte con un rumbo noroeste-sudeste y otra al oeste con orientación norte-sur. La primera se localiza entre el salitral de la Vidriera y la baliza Monte Hermoso totalizando 110 km de extensión, y la segunda entre el salitral mencionado y Punta Laberinto con 130 km de costa. El interior del estuario contiene extensas planicies de marea activas que drenan sus aguas a través de una serie de canales interconectados. Entre los mismos se encuentran el Canal Principal, el canal Bermejo y los denominados “Bahía Falsa”, “Bahía Verde” y “Caleta Brightman”. El más destacado es el primero de ellos, que con rumbo noroeste-sudeste y una longitud de 70 km, tiene una profundidad promedio de 10 m y con un ancho variable de 100 m en su nacimiento y 10 km en su desembocadura en el Océano Atlántico, (Melo et al., 2003). Las características fisiográficas apuntadas permiten el acceso y navegabilidad de buques de gran calado a los puertos de Ingeniero White, Galván y Coronel. Rosales.

La columna de agua es verticalmente homogénea a lo largo de todo el estuario, aunque puede estar parcialmente mezclada en la zona interior dependiendo de las condiciones de escorrentía de agua dulce (Piccolo et al., 2008). Además, la zona interior es muy turbia, como resultado del efecto combinado de los vientos y las corrientes de marea que contiene grandes cantidades de materia en suspensión (Piccolo et al., 1990; Gelós et al., 2004).

Los cursos de agua aportan sedimentos que, junto con aquellos provenientes de la erosión de las planicies de marea y de los canales, son redistribuidos en el sistema (Bokuniewicz, 1995).

Piccolo et al. (1997), expresan que el estuario de Bahía Blanca posee notables diferencias con respecto al resto de los estuarios del país y sus características sólo son comparables con el Tay y Wash en Inglaterra y las planicies del Mar de Wadden en Holanda.

Figura N° 2. Localización del estuario de Bahía Blanca.



Fuente: Roccamo et al. (2010)

El suroeste de la provincia de Buenos Aires se caracteriza por un clima templado, según Campo de Ferreras et al. (2004), con una temperatura media anual que oscila entre los 14°C a 20 °C. Las precipitaciones medias están comprendidas entre 841,7 mm y 380 mm (Campo et al, 2011), para la ciudad de Bahía Blanca la media anual histórica (período 1908-2008) fue de 584 mm (Campo et al., 2009). La procedencia de los vientos en el área predominan del Norte y Noroeste y las velocidades medias entre los 18 y 30 km/h (Gentili et al., 2012)

En proximidades de la cabecera del estuario, sobre la costa norte, conviven las localidades de General Daniel Cerri, Ingeniero White y Bahía Blanca con una densidad demográfica de 131,1 hab/km² (IADS, 2013), una Reserva Natural, un Balneario Municipal, un Polo Petroquímico, un Parque Industrial de 136 ha con 140 industrias radicadas (CPI, 2016) y un área portuaria industrial integrada por los Puertos de Cuatros, Galván e Ingeniero White, éstos dos últimos de importancia nacional por su profundidad, su producción y su exportación. En la zona más

externa, y sobre la misma margen, se ubican las instalaciones militares de la Base Naval Puerto Belgrano, la ciudad de Punta Alta, Puerto Rosales, la Base de Infantería de Marina Baterías y la Reserva Provincial de Usos Múltiples (integrada por una serie de islas e islotes). Esta tesis se limita a la zona interior del estuario.

La cuenca hidrográfica que descarga sobre del estuario de Bahía Blanca se divide en dos sectores separados entre sí por una depresión relativa y somera representada por el salitral de la Vidriera.

El primero o septentrional, de características hídricas permanentes, se desarrolla desde el cordón sudoeste de las Sierras Australes hasta el borde norte del citado salitral. El río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande son cursos de carácter permanente, mientras que los denominados Saladillo o Dulce y Saladillo de García son semipermanentes.

El segundo o meridional se extiende desde el sur del salitral de la Vidriera hasta la “Caleta Brightman”; posee drenajes de tipo esporádico razón por la cual el aporte hídrico es mínimo ya que los escurrimientos se activan únicamente con las precipitaciones y su superficie tiene escasa pendiente (Melo et al., 2003).

En la Figura N° 3 se observan las cuencas hídricas del sudoeste bonaerense, se identifican las tres que descargan en el estuario, la del río Sauce Chico y los arroyos Saladillo de García y Napostá Grande.

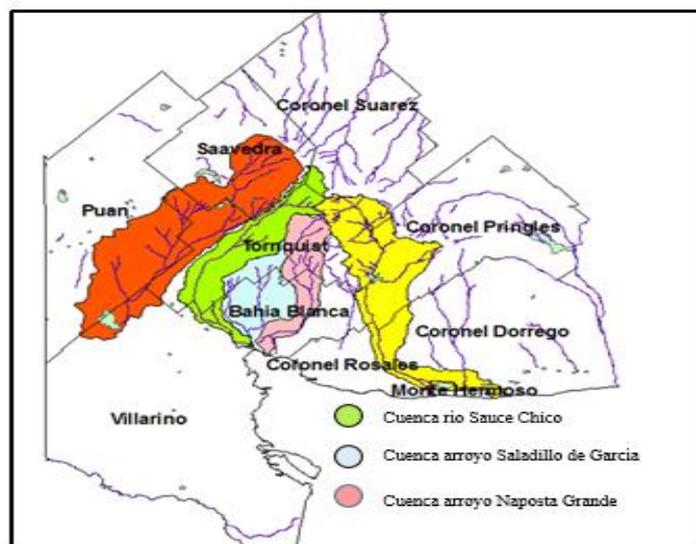
El área que involucra a la cuenca del Napostá Grande abarca 1.237 km², la cría de ganado son el pilar del sistema productivo en la región. La producción es principalmente bovina en rotación con cultivos climáticamente adaptados y resistentes a las limitaciones del suelo. El trigo es el cultivo primordial, seguido de la avena y la cebada cervecera en menor medida. Los cultivos de verano son menos significativos como el girasol y el sorgo forrajero. Existen estudios que demuestran la influencia antropogénica que sufre el arroyo Napostá Grande al atravesar la ciudad de Bahía Blanca (Freije et al., 2000) (Del Blanco et al., 2003). Cuando se registran lluvias importantes en la cuenca del Napostá Grande, para evitar su desborde en sectores de la ciudad, se construyó el canal artificial Maldonado como

aliviador hacia el estuario, también es utilizado para drenar parte de los efluentes pluviales de la ciudad. La descarga media anual del arroyo Napostá Grande es de 0,8 m³/s. (Perez y Perillo, 2002).

En cuanto a la cuenca del Sauce Chico de 1.600 km², la parte superior está hoy ocupada por un importante desarrollo de la ganadería, mientras que en la cuenca media la actividad es hortícola. En la cuenca baja, cerca de la localidad de General Daniel Cerri, hay pequeñas granjas (de alrededor de 12 hectáreas) y otras menos importantes en el área de Villarino Viejo (de 4 o 5 hectáreas cada una). Las intervenciones antropogénicas de carácter agrícola – ganaderas e industriales, sumadas a la alternancia de períodos de sequías e inundaciones, típicas del suroeste bonaerense, provocan graves problemas aguas abajo, donde están asentadas las explotaciones hortícolas vinculadas con la economía bahiense (Torrero, 2010). La descarga media anual del río Sauce Chico es de 1,9 m³/s (Torrero y Campos, 2008).

Con referencia al arroyo Saladillo de García nace en la planicie subventánica, cerca del límite de los partidos de Bahía Blanca y Tornquist, a lo largo de su recorrido los mayores aportes a su caudal son de origen pluvial. No presenta cambios muy pronunciados en su perfil altimétrico (pendiente del orden de 2,5%). Desde el punto de vista pluvial es considerado como semipermanente (Petrobras Energía, 2008). Cerca de su desembocadura drena su efluente la planta de TGS Cerri.

Figura N° 3 Cuencas hídricas.



Fuente: Bustos Cara et al (2015).

Por otro lado, el acuífero costero de Ingeniero White se caracteriza por la escasa profundidad de yacencia del nivel freático, a veces aflorante, una hidrodinámica en donde predominan ampliamente los movimientos verticales, infiltración, recarga, evaporación y evapotranspiración, sobre el escurrimiento superficial y subterráneo, y por la elevada salinidad de sus aguas (Bonorino y Sala, 1983). Estos elementos permiten diagnosticar una moderada a alta vulnerabilidad intrínseca del acuífero a la contaminación. Además el escurrimiento de estas aguas subterráneas es otro aporte natural al estuario (UNS, 2003); Heffner (2003), estimó este flujo de agua subterránea en 2.000 m³/día.

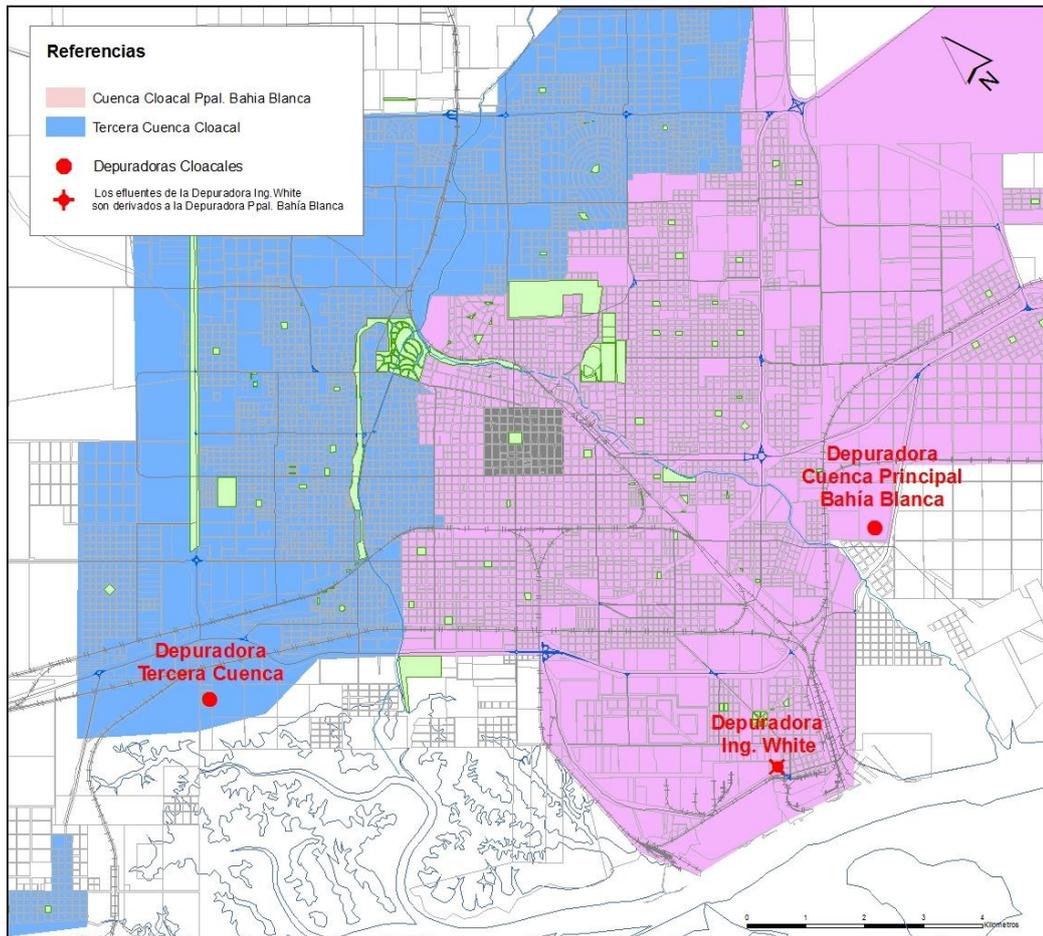
Como se mencionó, sobre la costa norte del estuario existe una importante urbanización y un sector industrial que producen residuos líquidos, estos proceden esencialmente del agua suministrada y después de haber sido contaminada por los diversos usos a que ha sido sometida.

Desde el punto de vista de las fuentes de generación se dividen en: aguas residuales urbanas y efluentes del sector portuario e industrial de Ingeniero White, establecimientos que por su funcionamiento, constituyen un riesgo al medio ambiente.

En Bahía Blanca se sitúan tres plantas de tratamiento de líquidos cloacales. Planta Depuradora Cuenca Principal Bahía Blanca, ubicada sobre la ruta 252 km 7,5 (Reconquista al 2800), habilitada en el año 1997; posee tratamiento primario, que consiste en pozo de bombeo, filtro con tamices rotativos, sistema de extracción de sólidos y cámara de contacto para desinfección. La Planta Depuradora de la Tercera Cuenca ubicada a 900 m al Sudoeste de la Ruta Nacional N° 3 a la altura del kilómetro 696; el tratamiento consiste en un desarenador, dos reactores aeróbicos, dos sedimentadores, una playa de secado de barros y una cámara de desinfección antes de su vuelco. La Planta Depuradora Ing. White (no operativa), ubicada en Cárrega 3050 de Ing. White, fue habilitada el año 1977; desde el año 2010 sus efluentes fueron derivados a la Planta Depuradora Cuenca Principal Bahía Blanca.

En la Figura N° 4, se observa el área del ejido urbano que abarca cada cuenca cloacal, sobre las que descargan los efluentes líquidos domiciliarios y los generados por las industrias y comercios localizados en cada uno de estos sectores.

Figura N° 4 Distribución geográfica de la población y Cuenca depuradora a la cual descargan.



Fuentes: Catastro (MBB) Cartografía Lic. Silvina Medus (2015)

Como se mencionó en el capítulo 1 – Metodología, el universo de estudio, se circunscribe al área interna del estuario de Bahía Blanca en la cual como se ha expresado, se descarga en forma directa o indirecta a través de los tributarios de agua dulce, esorrentías naturales o artificiales (cloacas, industriales), residuos e impurezas de orden antrópico. En síntesis estos afluentes son:

- Río Sauce Chico, que se dirige a su desembocadura en el estuario, atravesando la zona de quintas próxima a la localidad de General D. Cerri.

- Arroyo Saladillo de García, que recibe las descargas de la Planta de Producción y Comercialización de Líquidos de Gas Natural, Transportadora de Gas del Sur (TGS Cerri) y del frigorífico Villa Olga (sin actividad desde septiembre 2011).
- Descarga de la Planta Depuradora de la Tercera Cuenca Cloacal.
- Canal artificial Maldonado, derivador del Arroyo Napostá, que recoge desagües pluviales de un amplio sector de la ciudad. Foto N° 2
- Canal Colector del Polo Petroquímico: que recibe las descargas de las empresas Solvay Indupa (con punto unificado para las plantas Cloro Soda, Policloruro de Vinilo (PVC) y Cloruro de Vinilo Monomero (CVM)), y Dow Chemical - PBB Polisur (vuelco de las plantas de craqueo de etano LHC I y LHC II, y las descargas de las plantas de polietileno EPE, LDPE y HDPE).
- Descargas puntuales de las empresas: Petrobrás, Mega, Profertil, Central Piedra Buena (Termo óleo y Termo M6), Cargill (a partir abril de 2005, pues antes volcaba a la red cloacal) y Dow Chemical - PBB Polisur (Planta LLDPE-Barcaza, con vuelco discontinuo).
- Canales a cielo abierto que recogen agua de lluvia en sectores de General Cerri, Bahía Blanca e Ing. White. Foto N° 3.
- Arroyo Napostá que transita con dirección N-S, atravesando la ciudad, hasta su desembocadura en el estuario, recoge desagües pluviales. Foto N° 4.
- Descarga de la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca, que recibe los efluentes de Air Liquide, así como de las industrias radicadas en el Parque Industrial y en el ejido urbano de la ciudad. Además, desde el año 2010 son derivados los efluentes de la planta Depuradora de Ing. White.

Zapperi (2014), identificó cursos de agua que escurren en sentido norte-sur en zonas de menor pendiente (llanura aluvial y llanura litoral) y que no desembocan en ninguno de los cauces mencionados anteriormente y drenan al estuario.

Hasta 1992, los residuos de la ciudad de Bahía Blanca se disponían en un basural a cielo abierto, ubicado en proximidades del Balneario Maldonado en el frente marítimo, en la calle Belisario Roldán; hasta la fecha no se han completado los

trabajos de saneamiento sobre él mismo, por lo cual sus lixiviados son una descarga difusa al estuario.



Foto N° 2 Vista del canal artificial Maldonado posterior a una precipitación.



Foto N° 3 Vista de un canal a cielo abierto que recoge agua pluvial y la conduce hacia el estuario, área de Ing. White.



Foto N° 4 Vista del arroyo Napostá sector Parque de Mayo, antes de atravesar la ciudad.

Las descargas naturales y antrópicas de efluentes líquidos a la zona interna del estuario bahiense, se muestran en la Figura 5, mientras que su geoposición se indica en las Tablas 16.1; 16.2 y 16.3.

Tabla N° 16.1 Geoposición Descargas Industriales

Descarga Industrial	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Air liquide	38° 46' 25.14" S	62° 16' 47.06" O
Cargill	38° 47' 12.26" S	62° 16' 15.94" O
EPE	38° 46' 04.34" S	62° 17' 39.87" O
HDPE	38° 46' 25.40" S	62° 17' 12.08" O
LDPE	38° 46' 08.83" S	62° 17' 34.02" O
LLDPE	38° 46' 51.32" S	62° 18' 08.96" O
LHC-1	38° 46' 12.40" S	62° 17' 28.99" O
LHC-2	38° 46' 06.31" S	62° 17' 36.91" O
MEGA	38° 47' 03.36" S	62° 17' 33.40" O
Petrobras	38° 44' 41.43" S	62° 18' 02.77" O
Profertil	38° 47' 14.71" S	62° 17' 04.89" O
Solvay	38° 46' 25.47" S	62° 17' 12.20" O
Termo M6	38° 47' 19.76" S	62° 15' 02.02" O
Termo Oleo	38° 47' 19.68" S	62° 15' 27.96" O
TGS	38° 41' 15.61" S	62° 23' 21.40" O

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 16.2 Geoposición Descargas Cloacales

Descarga Cloacal	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Planta Depuradora de la Cuenca Principal (*)	38° 45' 57.80" S	62° 13' 41.05" O
Planta Depuradora de la Tercera Cuenca	38° 42' 47.74" S	62° 20' 38.08" O
Depuradora de Ing. White (*)	38° 47' 19.26" S	62° 16' 37.21" O
(*) Estimadas a través de imagen de Google, por no disponer la coordenada determinada por GPS		

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 16.3 Geoposición Descargas Naturales

Descarga Natural	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Río Sauce Chico	38° 43' 44.42" S	62° 27' 08.64" O
Arroyo Saladillo de García	38° 42' 22.37" S	62° 22' 11.35" O
Arroyo Napostá	38° 46' 14.12" S	62° 13' 58.27" O
Canal Maldonado (*)	38° 43' 45.96" S	62° 22' 11.35" O
(*) Derivador del arroyo Napostá		

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la Figura N° 5.1 se muestra sobre una imagen Google, el área de estudio, las descargas naturales y antrópicas geoposicionadas. En la Figura 5.2 se observa la localización de las estaciones de monitoreo sobre el estuario.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

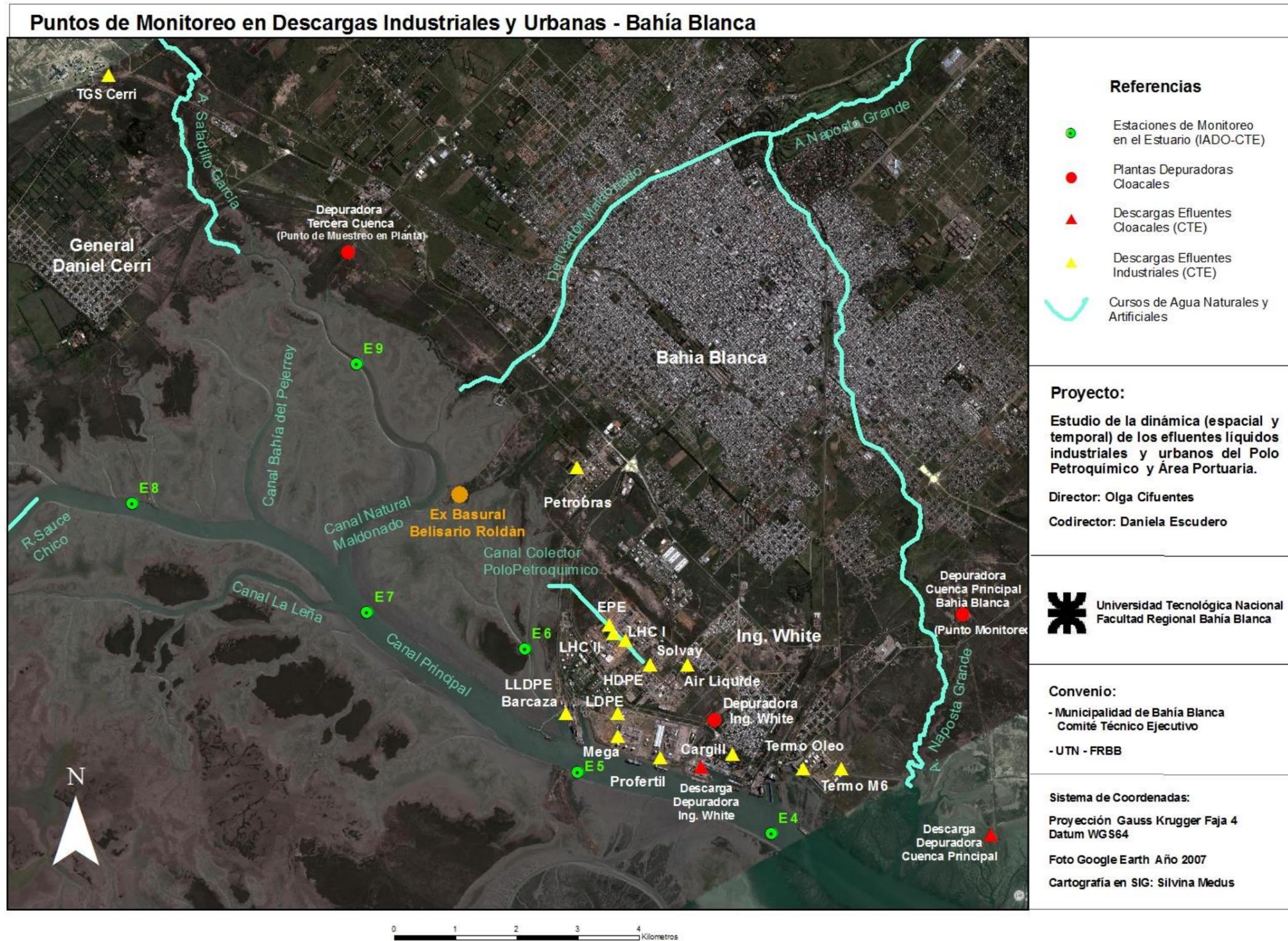


Figura N° 5.1 Localización descargas naturales y antrópicas al estuario.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

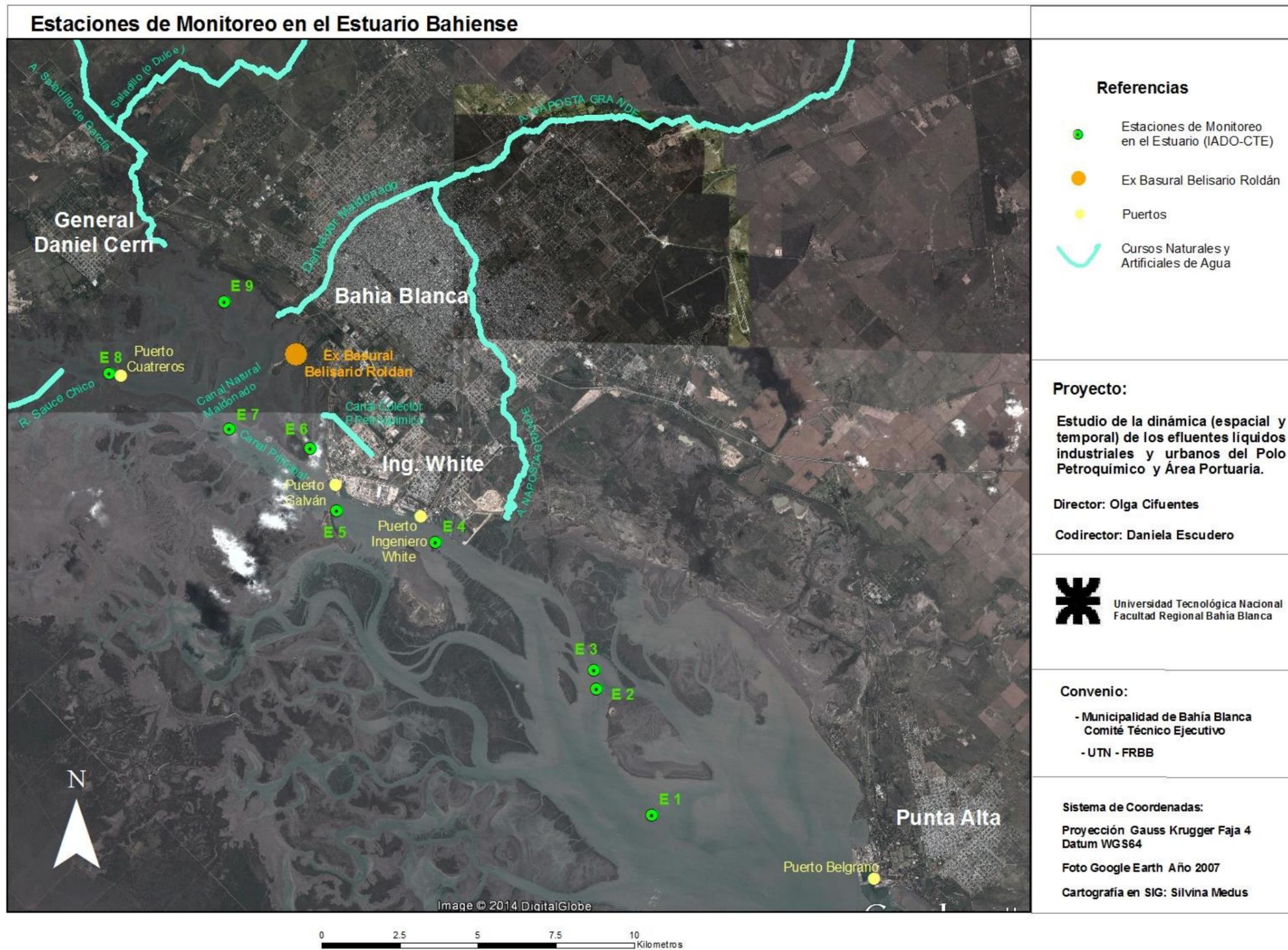


Figura N° 5.2 Localización estaciones de monitoreo en el estuario.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 5

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) realizó un estudio de la calidad del agua del estuario de Bahía Blanca, desde junio de 1996 a mayo de 1997, a solicitud de la Cámara Regional de la Industria de Bahía Blanca. Los resultados indicaron la necesidad de mantener el monitoreo, y la importancia de caracterizar el sistema desde el punto de vista de la toxicidad (IADO, 1997). Estudios complementarios realizados entre junio 1999 y mayo 2000 (IADO, 2000) brindaron elementos de juicio adicionales, para una comprensión más acabada de la situación ambiental del estuario en ese período. El análisis en conjunto de ambos monitoreos permitió a los autores concluir sobre la existencia de aportes externos de metales traza al estuario y que están en condiciones de ser incorporados por los organismos que habitan en el mismo, los peces estudiados incluían en sus tejidos metales (como mercurio, cadmio y zinc).

En agosto del año 2000 se produjeron dos emisiones de gases tóxicos a la atmósfera en el sector del Polo Petroquímico. La emisión de gas cloro desde la planta de Cloro-Soda por rotura de una cañería y venteos de amoníaco durante las maniobras de puesta en marcha de la planta de fertilizantes.

La gravedad de estos hechos, obligó a redefinir el marco de la legislación. Surgió de esta manera, a partir de la Ley de la Provincia de Buenos Aires 12.530 que creó para el partido de Bahía Blanca, un "Programa Especial para la Preservación y Optimización de la Calidad Ambiental". Esta Ley delega facultades de control y fiscalización en el Municipio en lo que concierne a la aplicación de varias normas provinciales, relacionadas con el medio ambiente y la protección de cuerpos receptores de agua y la atmósfera.

Para cumplir con los objetivos establecidos en esta normativa, la ley crea un organismo con carácter consultivo y de asesoramiento, el Comité de Control y Monitoreo (integrado por representantes del gobierno local y provincial, de ambas universidades nacionales con asiento en la ciudad, de los gremios y de organizaciones no gubernamentales vinculadas a la temática ambiental). Asimismo y

para la ejecución del programa legislado, se crea el Comité Técnico Ejecutivo (CTE).

Con el objeto de estructurar y ampliar las acciones impuestas por esta Ley, la Secretaría de Política Urbano Ambiental del Municipio (hoy Secretaría de Gestión Ambiental MBB) formuló, a través del CTE, un Programa Integral de Monitoreo del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca (PIM), con distintos Sub Programas que contemplan, entre otros, el monitoreo de las aguas del estuario, las descargas de los efluentes líquidos y la atmósfera del área de cobertura del programa (Municipalidad de Bahía Blanca, 2012).

5.1. Estudios en agua y sedimento del Estuario

Uno de los subprogramas que contiene el PIM es el “Subprograma estuario de Bahía Blanca” a través del cual se monitorea la calidad ambiental de la zona interior del estuario. Este monitoreo comenzó en abril del año 2002, con el estudio de 8 (ocho) estaciones de monitoreo (identificadas con la letra E), posteriormente y en función de los resultados obtenidos, en los diferentes períodos de análisis (campañas), se fueron redefiniendo la cantidad y posición de las estaciones a monitorear. La ubicación de las estaciones de muestreo fue fijada mediante un posicionador geográfico satelital lo que permitió tomar las muestras y/o mediciones en el mismo sector en todas las campañas.

Los resultados publicados de las mediciones de Zn en agua y en sedimento en las diferentes estaciones de muestreo para todas las campañas realizadas fueron compilados y ordenados en forma cronológica en las Tablas de datos del Anexo A. En la Tabla A.1 se presentan los valores de Zn disuelto y en la Tabla A.2 los valores de Zn en sedimento.

La concentración de Zn disuelto a través de todas las campañas realizadas ha presentado una distribución heterogénea en las distintas estaciones de muestreo, a lo largo del Canal Principal. Con una tendencia de concentraciones mayores en: proximidades del desagüe cloacal Cuenca Principal (E3), en la zona externa; Puerto Galván (E5) con respecto a la zona interna; y en la estación relacionada con la

descarga de la Tercera Cuenca (E9), IADO (2006, 2008, 2010, 2011, 2014). Esta tendencia se observa en la Tabla N° 17, columna porcentaje de mediciones que superó el nivel de 0,2 µg/L indicado en el Decreto 831/93. Además, sólo en tres oportunidades se superó el nivel guía de exposición aguda y crónica indicado por la NOAA de 90 µg/L y 80 µg/L respectivamente; mayo 2009, en proximidades de la Tercera Cuenca (E9) 157,14 µg/L; agosto del 2009, en desagüe Maldonado (E7) 150,44 µg/L y junio del 2010 en Puerto Cuatrerros (E8) 197,44 µg/L.

Tabla N° 17 Porcentaje de monitoreos que superó valor del Decreto 831/93

Identificación	Ubicación	N° total de monitoreos	N° de veces superó el valor del Decreto	N° de veces < LD y N.D.	% superó el valor del Decreto
E1 *	Prox. Boya 24	52	38	14	73,08
E2 *	Prox. Boya 28	12	6	6	50,00
E3	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	55	29	26	52,73
E4	Prox. Boya 32 (Ing White)	59	26	33	44,07
E5	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	55	25	30	45,45
E6	Descarga Polo Petroquímico	56	23	33	41,07
E7	Desagüe Maldonado	50	15	35	30,00
E8	Puerto Cuatrerros	52	12	40	23,08
E9	Prox. Tercera Cuenca	19	10	9	52,63

* Estación de monitoreo fuera del ámbito de la Ley 12530/00

Fuente: Elaboración propia, 2015

La concentración de Zn en sedimento a través de todas las campañas realizadas ha presentado una distribución homogénea en las distintas estaciones de muestreo, con una tendencia de aumento desde la zona externa hacia la interna IADO (2006, 2008, 2010, 2011, 2014). Hay datos muy superiores a los niveles guía de la NOAA en todas las estaciones de muestreo obtenidos en diciembre 1999 y marzo 2000 en un rango de 172 µg/g a 706,80 µg/g IADO (2000). Posteriormente se obtuvo un único

valor de 135,60 $\mu\text{g/g}$ en desagüe Maldonado (E7) en junio 2012, que superó el valor TEL de 124 $\mu\text{g/g}$, nivel guía de la NOAA.

El Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca (CGPBB) en su Plan de Gestión Ambiental, realiza análisis de agua y sedimento pre y post dragado, basándose en la Disposición OPDS 268/02, la cual convalida como ambientalmente aptas las obras de dragado para mantenimiento de profundidad en el canal de acceso y puerto de Bahía Blanca. La localización de estos puntos de muestreo difiere de los utilizados por el CTE, de todos modos, sólo se pueden comparar los análisis realizados en sedimentos cuyos valores de concentración son del mismo orden de magnitud que los resultados publicados en los PIM. Debido a que para la obtención de los datos de Zn disuelto en los monitoreos realizados por el CGPBB, la técnica utilizada tiene un límite de detección superior al método usado por el CTE, no es factible su comparación.

Grecco, et al. (2010), investigaron la geoquímica, mineralogía y distribución de tamaño de grano de varias muestras de sedimentos del estuario, en áreas potencialmente influenciadas por el hombre, para determinar el contenido de metales pesados (entre ellos Zn), concluyendo que hay sitios que son claramente afectados por las descargas industriales y urbanas.

5.2. Estudios en peces del Estuario

A partir de los datos de metales pesados potencialmente tóxicos en tejidos, músculo e hígado de algunas especies de peces características del estuario de Bahía Blanca, publicados en los informes del programa de monitoreo del CTE y el IADO, se tabularon los valores máximos y mínimos disponibles a efectos de observar la variación de los mismos en las diferentes campañas realizadas. Las especies analizadas fueron las que usualmente se capturan para consumo humano: pescadilla, gatuzo y corvina, hay datos de otras especies determinados en el año 2000 pero no se siguieron analizando; en el año 2011 se incorporó la saraqita, especie no comestible pero que desarrolla todo su ciclo de vida en el estuario. En la Tabla N° 18 se observan los valores de Zn detectados en músculo y en la Tabla N° 19 los valores en hígado. En todos los casos analizados los valores de Zn determinados en

el músculo comestible de las especies evaluadas fueron inferiores a los estándares internacionales y nacionales de metales pesados en músculo comestible de peces, aceptados como aptos para el consumo humano directo o indirecto según Tabla N° 14 del Marco Legal. No se ha encontrado en la bibliografía valores de referencia para Zn en hígado.

Tabla N° 18 Valores de Zn en músculo

Período	ESPECIE			
	Pescadilla	Corvina	Gatuzo	Saraqita
	µg/g p.h.	µg/g p.h.	µg/g p.h.	µg/g p.h.
2000	10,03 a 39,97	5,13 a 20,91	4,99 a 20,49	No se analizó
Abril 2002 a Marzo 2003	3,70 a 8,09	No se analizó	1,17 a 5,14	No se analizó
Marzo 2005 a Diciembre 2005	2,25 a 7,82	1,95 a 4,97	< LD a 3,59	No se analizó
Octubre 2006 a Diciembre 2007	1,32 a 8,15	2,10 a 4,74	< LD a 4,03	No se analizó
Febrero 2008 a Abril 2009	2,03 a 5,94	No se analizó	No se analizó	No se analizó
2010	0,89 a 4,44	< LD	No se analizó	No se analizó
2011	No se analizó	No se analizó	No se analizó	10,95 a 30,09
2012	21,00 a 22,00	17,00 a 44,00	No se analizó	15,00 a 18,00
Agosto 2013 a Junio 2014	0,77 a 10,39	1,51 a 16,71	1,06 a 9,42	1,34 a 18,04
p.h. peso húmedo.				

Fuente: Elaboración propia en base a PIM (2012) e Informes IADO (2000, 2003, 2006, 2008, 2011, 2014).

Tabla N° 19 Valores de Zn en hígado

Período	ESPECIE			
	Pescadilla	Corvina	Gatuzo	Saraquita
	µg/g p.h.	µg/g p.h.	µg/g p.h.	µg/g p.h.
2000	41,85 a 65,11	34,22 a 52,52	11,08 a 16,03	No se analizó
Abril 2002 a Marzo 2003	22,61 a 46,91	No se analizó	5,99 a 16,62	No se analizó
Marzo 2005 a Diciembre 2005	39,05 a 73,25	1,93 a 9,42	9,17 a 21,73	No se analizó
Octubre 2006 a Diciembre 2007	37,13 a 66,32	2,10 a 10,06	7,68 a 28,45	No se analizó
Febrero 2008 a Abril 2009	24,35 a 50,60	No se analizó	No se analizó	No se analizó
2010	19,66 a 50,12	10,14 a 14,87	No se analizó	No se analizó
2011	No se analizó	No se analizó	No se analizó	29,12 a 43,35
2012	128,00 a 132,00	98,00 a 161,00	No se analizó	28,00 a 53,00
Agosto 2013 a Junio 2014	< LD a 21,87	1,68	4,30 a 7,38	No se analizó

p.h. peso húmedo.

Fuente: Elaboración propia en base a PIM (2012) e Informes IADO (2000, 2003, 2006, 2008, 2011, 2014).

El estuario de Bahía Blanca cumple una función muy especial en la biología de los peces, dado que se comporta como un área de alimentación y cría (López Cazorla, 2007). En el caso de la pescadilla, la corvina y el gatuzo son especies que presentan un comportamiento migratorio entre áreas estuariales y el mar adyacente IADO (2014), nacen y durante sus primeros meses de vida permanecen en el estuario hasta el estadio de juveniles (López Cazorla, 2007),

Es importante destacar que a partir de agosto del 2013 el CTE solicitó al IADO la implementación de un programa intensivo de peces en sus estadíos juveniles para pescadilla, corvina rubia, gatuzo y saraquita (PIM, 2013). Dado que este programa es de reciente implementación, los datos disponibles no son concluyentes y no permiten realizar consideraciones hasta tanto no se publiquen los resultados de futuras campañas.

5.3. Descargas de líquidos industriales y cloacales urbanos.

El PIM en su programa “Monitoreo y Control de los Contaminantes del Agua y de la Atmósfera”, tiene un sub programa “Efluentes Líquidos” con el objetivo de controlar la calidad de los vertidos de efluentes líquidos generados por las industrias u otros orígenes a los distintos cuerpos receptores, y disponer del inventario de descargas al estuario de Bahía Blanca. Además, a pedido del Honorable Consejo Deliberante de la ciudad desde el año 2009 controla la calidad del vertido del efluente líquido cloacal y realiza el seguimiento del funcionamiento de la Planta depuradora de la Tercera Cuenca (PIM, 2014).

Según el PIM, la legislación vigente que establece los límites admisibles de descarga de los diferentes parámetros, para los efluentes líquidos industriales, es la Resolución 336/03 de la ADA. Si bien las empresas cuentan con diferentes sistemas de tratamiento y de vertido de sus efluentes, todos ellos tienen como destino final, el estuario de Bahía Blanca. Sin embargo para la aplicación de la mencionada legislación se divide a las empresas en dos grupos:

- con destino a la “colectora cloacal”: empresa Air Liquide Argentina S.A.
- con destino a “conducto pluvial o cuerpo de agua superficial”: empresas Petrobras Argentina S.A., Solvay Indupa S.A.I.C., Compañía Mega S.A., Profertil S.A., Cargill S.A.C.I¹., PBB-Polisur S.A. (Plantas LHC-1, LHC-2, HDPE, LDPE, EPE y LLDPE), Central Piedrabuena S.A., Transportadora de Gas del Sur S.A. (Cerri).

¹ A partir de abril de 2005. Antes el cuerpo receptor de vuelco era la red cloacal.

En el período 2001-2014, el CTE efectuó 1.430 inspecciones a las plantas industriales para la toma de muestras, que demandaron más de 16.500 análisis fisicoquímicos para verificar la calidad de los efluentes vertidos (PIM, 2014). Estos se llevan a cabo en las cámaras de toma-muestra y de aforo² que las empresas disponen para tal fin. En la mayoría de esos sitios se cuenta con instrumentos para la medición del caudal vertido en la cañería que conduce el efluente hacia la mencionada cámara. En el Anexo B Tablas B.1 a B.16 se presentan los datos disponibles de concentración de Zn y caudales, identificados por planta, y descarga cloacal, en el punto 6.2.1 descargas industriales Polo Petroquímico y Área Portuaria se hace la evaluación detallada de estos datos dada la importancia de los mismos.

5.4. Aguas subterráneas.

Como se mencionó en la descripción del área de estudio el destino final del escurrimiento de las aguas del acuífero es el estuario. El CTE lleva a cabo un monitoreo de la presencia de contaminantes en la napa freática del acuífero costero del área industrial de Ingeniero White, en base al estudio hidráulico solicitado a UNS (2003) que localizó una serie de pozos externos a las plantas industriales para monitorear las aguas subterráneas. En el punto 6.2.3 se detalla el análisis de este aporte.

5.5. Deposición atmosférica.

Los procesos sedimentarios eólicos que ocurren en la ciudad de Bahía Blanca, más su propia actividad, la zona adyacente y la vegetación (urbana y agrícola de las zonas circundantes) generan una considerable cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos. La medición de las partículas que sedimentan por caída libre, es una de las condiciones más simples para evaluar la calidad del aire en una zona urbana y son consideradas como uno de los indicadores del estado de contaminación atmosférica. En la Tabla N° 20 se resumen los valores promedio, máximo y mínimo obtenidos para la deposición atmosférica de partículas sedimentables, del estudio

² Son placas de pequeño espesor que se ubican dentro del canal de forma perpendicular a la dirección del flujo. La altura del flujo (h) sobre el vertedero es función del caudal, por lo tanto se puede calcular el caudal del efluente con la medición de h.

realizado por Caló et al. (1998). Estos autores establecieron una estrategia de muestreo para cubrir distintos sectores de la ciudad, desde la zona de peniplanicie hasta la zona de llanura de inundación, pasando por el centro urbano de la misma. Del estudio surgieron las siguientes conclusiones:

- Los factores climáticos que influyeron directamente sobre la cantidad de partículas sedimentadas fueron las precipitaciones y el viento.
- Las mayores concentraciones de partículas se registraron en primavera-verano y las menores en otoño-invierno.
- La realización de obras de infraestructura con movimientos de tierra generaron un aumento en la concentración de partículas

Tabla N° 20 Deposición de partículas sedimentables en Bahía Blanca.

Ubicación muestra	Deposición de partículas sedimentables [g/m ² -año]		
	medio	máximo	mínimo
Barrio Patagonia	168	468	24
Villa Cerrito	768	2160	84
Calle Mitre (Centro urbano)	240	684	48
Calle Pueyrredón (Centro urbano)	240	600	48
Ing. White	420	972	36

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Caló et al. (1998)

Estos resultados indican que hay un aporte importante de partículas debido a la deposición atmosférica en el área de Bahía Blanca, si bien estos autores no las caracterizaron, son un potencial aporte de metales tanto al suelo como al estuario.

El CTE realizó un monitoreo preliminar de tipo screening de partículas atmosféricas sedimentables, entre Abril 2013 y Marzo 2014; en cinco locaciones (3 en el área costera, 1 en el centro urbano y la restante en un área sub-urbana hacia el norte de la ciudad – Complejo CRIBABB), Se tomaron muestras trimestrales en las cuales se midió la cantidad total de material depositado y se analizó la presencia de algunos metales, entre ellos el Zn. Este monitoreo permitió establecer las bases para ampliar y dar continuidad a los monitoreos en relación al transporte atmosférico de sustancias contaminantes. En el año 2015, se adicionaron 3 sectores de monitoreo y se realizó el muestreo de manera coincidente con las estaciones climáticas del año

(muestreo trimestral). En la Tabla N° 21 se muestran los valores de Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) expresadas en mg/m^2 - año para cada metal.

Tabla N° 21 Deposición atmosférica de metales

	Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) - mg/m^2 - año					
	Cd	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn
Promedio General	n.d.	0,30	0,28	10,50	17,42	15,21

n.d.: no detectable
Fuente: PIM 2015

5.6. Antecedentes de contexto general

Routaboul, (2007), se centró en evaluar la evolución de las relaciones existentes entre la sociedad y la naturaleza delimitadas al partido de Bahía Blanca, conocer las características físicas, naturales, sociales, económicas, jurídicas y administrativas del sistema litoral bahiense; además de las principales problemáticas ambientales que afectan al área de estudio y como son los procesos de participación ambiental en la ciudad; partiendo de la hipótesis que la gestión actual del sistema litoral del Partido de Bahía Blanca es muy poco integrada y que la participación pública se ha limitado a los niveles básicos.

Este autor, expresa que el estuario se convierte en una fuente de recursos que posibilita el desarrollo de diversas actividades muy importantes para el sudoeste bonaerense. Además se transforma en un sumidero de residuos, generados por el mismo sistema económico que de él se aprovecha. Depende del Estado implementar métodos de planificación y gestión de las zonas costeras, bajo un enfoque integrador; donde la participación ciudadana cobra mucha importancia y que para el estuario de Bahía Blanca, se limita a los usuarios de los recursos que resultan afectados y algunas pocas personas interesadas en el ambiente.

Neves et al., (2008) abordan temas como la importancia de los estuarios en las actividades humanas y cómo se degradan. Recopilan información de los problemas ambientales de tres estuarios de Sudamérica; mediante la definición de las relaciones

entre las actividades antropogénicas y el medio ambiente. En ese contexto permite integrar diferentes tipos de indicadores, abriendo la posibilidad de tener en cuenta no sólo el medio ambiente, sino también los impactos socio-económicos que se derivan de los cambios en el estado de los sistemas costeros. Específicamente en uno de sus capítulos compilan de varios autores los procesos de contaminación en el ambiente estuario de Bahía Blanca.

Remarcan que se deben tomar decisiones tanto en el manejo a corto como en el largo plazo de los tres sistemas abordados. Donde las interacciones complejas entre los diversos subsistemas en cada caso hacen que tales decisiones sean particularmente difíciles. Frente a esta complejidad, las personas involucradas en la gestión de estas áreas, deben promover una visión continua de la costa, para planear tanto el desarrollo sostenible de la región, como del sistema tanto físico, social y económico.

CAPITULO 6

RESULTADOS

RESULTADOS

6.1. Identificación de sectores impactados en el Estuario

A efectos de identificar si un sector del estuario está más impactado que otro, debido a que las descargas antropogénicas están localizadas en distintos sectores como se describió en el punto área de estudio, se aplicó una evaluación de varianza ANOVA a los resultados de los análisis de Zn disuelto en agua y en sedimento, para evaluar la posibilidad que las medias poblacionales sean iguales entre las diferentes estaciones de muestreo.

La distribución de la variable que interesa comparar es importante a la hora de establecer la prueba estadística que permita evaluar la hipótesis nula de igualdad, de forma que si la distribución es normal, se utiliza los denominados test paramétricos y si no cumple los criterios de normalidad esta la opción de usar los llamados test no paramétricos.

Los valores de concentración de sustancias químicas en cuerpos de aguas naturales tienden a ser muy variables en espacio y tiempo, debido a las bajas concentraciones en que se encuentran; los datos son frecuentemente reportados como “por debajo del límite de detección”, como en el caso del Zn disuelto, no así en sedimentos. Aplicando el software ProUCL se calculó la media y el desvío estándar, para los datos de Zn disuelto en agua, con el método Kaplan-Meier que pueden observarse en la Tabla N° 22 y utilizando el método tradicional para Zn en sedimento, volcados en la Tabla N° 23.

En estadística, un valor atípico (en inglés outlier) es una observación que es numéricamente distante del resto de los datos. Los valores atípicos pueden ser indicativos de datos que pertenecen a una población diferente del resto de la muestra establecida. Al evaluar los datos de Zn disuelto con la opción “outliers” del programa ProUCL, dio como resultado que los valores máximos de cada estación potencialmente pueden ser considerados valores atípicos. Estos tienen peso en los cálculos, dando resultados distorsionados de la realidad esperada, por lo tanto, deben

ser analizarlos en el contexto para determinar si es factible desecharlos. El IADO ha repetido en sus informes (2003, 2006, 2010, 2011, 2014) que: *“los metales disueltos son indicadores de ingresos al sistema acuático aunque no permite discernir si provienen de fuentes puntuales o difusas. La vida media de ellos es muy corta ya que rápidamente pasan a estar integrados a las partículas en suspensión, a los organismos o al sedimento. Sin embargo, su análisis es importante porque reflejan entradas actuales”*. A partir de este comentario, estos posibles valores atípicos no serán descartados para el análisis, puesto que existen diferentes fuentes de Zn, que potencialmente podrían aportar el metal, generando estas concentraciones.

Las mediciones de Zn disuelto en cada estación de muestreo no sigue una distribución normal, por lo tanto en el programa ProUCL se usó la opción Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test). El resultado obtenido es un coeficiente valor-p = 5,2744E-5. Como este valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de igualdad, lo que significa que existen diferencias significativas entre las estaciones evaluadas. En el Anexo C Tabla C.1 se presenta el resultado que brinda el programa con los parámetros estadísticos del cálculo.

Las estaciones que presentan los valores medios más distantes son: la E1 (Proximidades Boya 24) fuera del área de estudio y E9 (Proximidades de la Tercera Cuenca) con concentraciones medias superiores; mientras que la E2 (Proximidades Boya 28) con concentración media menor, siendo esta la que presenta menos datos que las restantes y también fuera del sector de estudio.

Del análisis de las restantes estaciones entre sí (E3, E4, E5, E6, E7 y E8) el valor del coeficiente valor-p obtenido utilizando Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test) es de 0,192, mayor que 0,05. Por lo tanto, que no existen diferencias significativas entre ellas. En el Anexo C Tabla C.2 se presenta el resultado que brinda el programa con los parámetros estadísticos del cálculo.

Para el período analizado (1999-2014) los valores de concentración de Zn en sedimentos no siguen una distribución normal en cada estación de muestreo. Además, durante las campañas de diciembre 1999 y marzo 2000 se observa que los valores de concentración de Zn son muy superiores al resto de las campañas, En los

informes del IADO, no se ha hecho mención a las posibles causas de estos resultados elevados. Dada la diferencia en magnitud de los mismos con datos posteriores, fue verificado con el software ProUCL a fin de evaluar si pueden ser considerados como valores atípicos para la población a estudiar. En la Tabla N° 24, se presentan los resultados del valor medio y desvío estándar para concentración de Zn en sedimentos, excluyendo estos valores. Tampoco, fueron considerados para el análisis ANOVA. Se aplicó la opción Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test). El resultado obtenido es un coeficiente valor-p = 0,00607. Como este valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de igualdad, significa que existen diferencias significativas entre las estaciones evaluadas. En el Anexo C Tabla C.3 se presenta el resultado que brinda el programa con los parámetros estadísticos del cálculo.

Comparando los valores de concentración media de la Tabla N° 24, la estación E1 (Proximidades Boya 24) registra el menor y más distante del resto; mientras que, si bien en la E2 (Proximidades Boya 28) la concentración media es similar al resto, igual que para Zn disuelto, es la que presenta menor cantidad de datos, por lo que, no se consideran en un segundo análisis ANOVA. De todas maneras, ambas estaciones se encuentran fuera del área estudiada.

Del análisis de las restantes estaciones entre sí (E3, E4, E5, E6, E7, E8 y E9) el valor del coeficiente valor-p obtenido utilizando Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test) es de 0,343, mayor que 0,05. Por lo tanto, se puede argumentar que no existen diferencias significativas entre ellas. En el Anexo C Tabla C.4 se presenta el resultado que brinda el programa con los parámetros estadísticos del cálculo.

La estación E9, en proximidades de la descarga cloacal de la Tercera Cuenca, presenta un comportamiento diferente al resto en cuanto a la concentración de Zn disuelto, pues es alto. La concentración de Zn en sedimentos resulta estadísticamente similar a las de la mayoría de las estaciones.

Sin embargo, en un estudio realizado por Grecco et al., (2010) sobre la margen norte del estuario, en puntos cercanos a las descargas industriales y urbanas, sobre la

fracción de sedimentos finos (granos $< 63 \mu\text{m}$), destacan que hay sitios que son claramente afectados por estos efluentes. No obstante, las sustancias contaminantes no se dispersan más allá de la zona afectada, si no se procede a dragados por inyección de agua. Además, Deacon y Driver (1999) manifestaron que a medida que disminuye el tamaño de la partícula en los sedimentos, la concentración de Zn aumenta, especialmente para partículas $< 63 \mu\text{m}$.

Si bien los resultados de Grecco et al. (2010) difieren de los arribados en esta tesis, cabe aclarar que los lugares de muestreo definidos en el Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca por el IADO y el CTE, están localizados en el eje del Canal Principal, mientras que los utilizados por estos autores se ubican sobre la costa. También, las concentraciones de Zn en sedimento en un caso son sobre toda la granulometría de la muestra y en el otro, sobre la fracción de $< 63 \mu\text{m}$.

Lo expresado anteriormente abre la posibilidad de evaluar en un futuro, la concentración de Zn, tanto en agua como en sedimento desde el eje del Canal Principal hacia la costa, estudio hasta ahora no realizado.

Tabla N° 22 - Concentración media de Zn disuelto en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Estación	Numero de Observaciones	Detectables	<LD o NDs	% NDs	Detectados			Kaplan Meier Método		
					Mínimo µg/L	Máximo µg/L	Media µg/L	KM Media µg/L	KM Var	KM DS
E1 *	52	38	14	26,92%	0,87	73,57	19,59	14,32	323,50	17,99
E2 *	12	6	6	50,00%	1,52	6,84	3,95	1,98	5,45	2,34
E3	55	29	26	47,27%	0,48	54,10	11,63	6,14	137,90	11,74
E4	59	26	33	55,93%	0,37	65,37	12,37	5,46	171,40	13,09
E5	55	25	30	54,55%	0,38	39,50	7,31	3,33	42,13	6,50
E6	56	23	33	58,93%	0,63	71,31	12,42	5,11	171,60	13,10
E7	50	15	35	70,00%	0,58	150,40	23,06	6,93	530,00	23,02
E8	52	12	40	76,92%	0,68	197,40	28,99	6,70	799,30	28,27
E9	19	10	9	47,37%	1,99	157,10	32,23	16,97	1349,00	36,72

Referencias:

< LD o ND menor al límite de detección o no detectable.

KM Media: valor medio estimador Kaplan-Meier.

KM Var: varianza estimador Kaplan-Meier.

KM DS: desvío estándar estimador Kaplan-Meier.

* Estación de monitoreo fuera del ámbito de la Ley 12530/00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23 - Concentración media de Zn en sedimentos en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Estación	Número Observaciones	Mínimo $\mu\text{g/g}$	Máximo $\mu\text{g/g}$	Media $\mu\text{g/g}$	Desvío estándar
E1 *	46	14,43	422,00	49,90	65,06
E2 *	6	27,33	62,04	49,51	11,83
E3	49	11,50	88,59	44,43	15,13
E4	53	11,24	575,30	63,95	102,20
E5	49	21,90	673,20	74,58	124,50
E6	51	20,70	706,80	74,01	128,20
E7	44	18,20	543,80	66,73	97,21
E8	46	14,17	265,60	53,96	41,60
E9	20	27,79	77,26	46,00	11,96

Fuente: Elaboración propia, 2015

* Fuera del ámbito de la Ley 12530/00

Tabla N° 24 - Concentración media de Zn en sedimentos en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca sin valores atípicos.

Estación	Número Observaciones	Mínimo $\mu\text{g/g}$	Máximo $\mu\text{g/g}$	Media $\mu\text{g/g}$	Desvío estándar
E1 *	44	14,43	98,48	37,33	16,96
E2 *	6	27,33	62,04	49,51	11,83
E3	49	11,50	88,59	44,43	15,13
E4	51	11,24	87,82	44,10	14,94
E5	47	21,90	117,0	49,35	15,93
E6	49	20,70	101,3	48,54	15,25
E7	42	18,20	135,6	46,50	23,54
E8	44	14,17	122,2	46,47	19,70
E9	20	27,79	77,26	46,00	11,96

Fuente: Elaboración propia, 2015

* Fuera del ámbito de la Ley 12530/00

6.2. Descargas puntuales sobre el estuario de Bahía Blanca.

De la información recabada durante el desarrollo de la tesis, se estimó el volumen de agua que llega al estuario a través de las diferentes descargas y el aporte de Zn que las mismas realizan.

6.2.1 Descargas industriales Polo Petroquímico y Área Portuaria

Los datos de las concentraciones de Zn en los efluentes de las plantas industriales, tomados de los informes del CTE, del período 2001-2014 fueron procesados con el programa ProUCL a efectos de estimar la concentración media; teniendo en cuenta que hay valores menores al límite de detección; además se determinó el caudal promedio de cada una de ellas previo análisis de aquellos valores atípicos (outliers). En la Tabla N° 25 se resumen los resultados estadísticos obtenidos con este programa, mientras que en el Anexo D Tablas D.1 y D.2 se pueden observar los archivos de salida del programa ProUCL.

De la evaluación de los datos de Zn disuelto de las descargas industriales, se puede enunciar que:

- Sobre un total de 1058 análisis, el 56,43 % de valores fueron superiores al límite de detección.
- El único efluente que tiene un 100% de detección es el de la planta de Air Liquide y además es el de menor caudal.
- Ninguna de las descargas superó el máximo admisible según el permiso de vuelco de cada una.

Con los promedios calculados tanto de concentración como de caudal se estima la carga másica total anual de Zn que aportan las industrias del sector Petroquímico, que se muestran en el punto 6.7 Total de aportes de Zn al estuario.

6.2.2. Descargas Cloacales

6.2.2.1 General

Como se mencionó en el capítulo 4 descripción del área de estudio, Bahía Blanca cuenta actualmente con dos plantas de tratamiento de líquidos cloacales en operación que descargan al estuario. Además del aporte de los hogares en la Figura N° 6 se observa la densidad de comercios e industrias distribuidas en el ejido urbano de la ciudad y que por su rubro, potencialmente podrían incorporar Zn a los colectores cloacales.

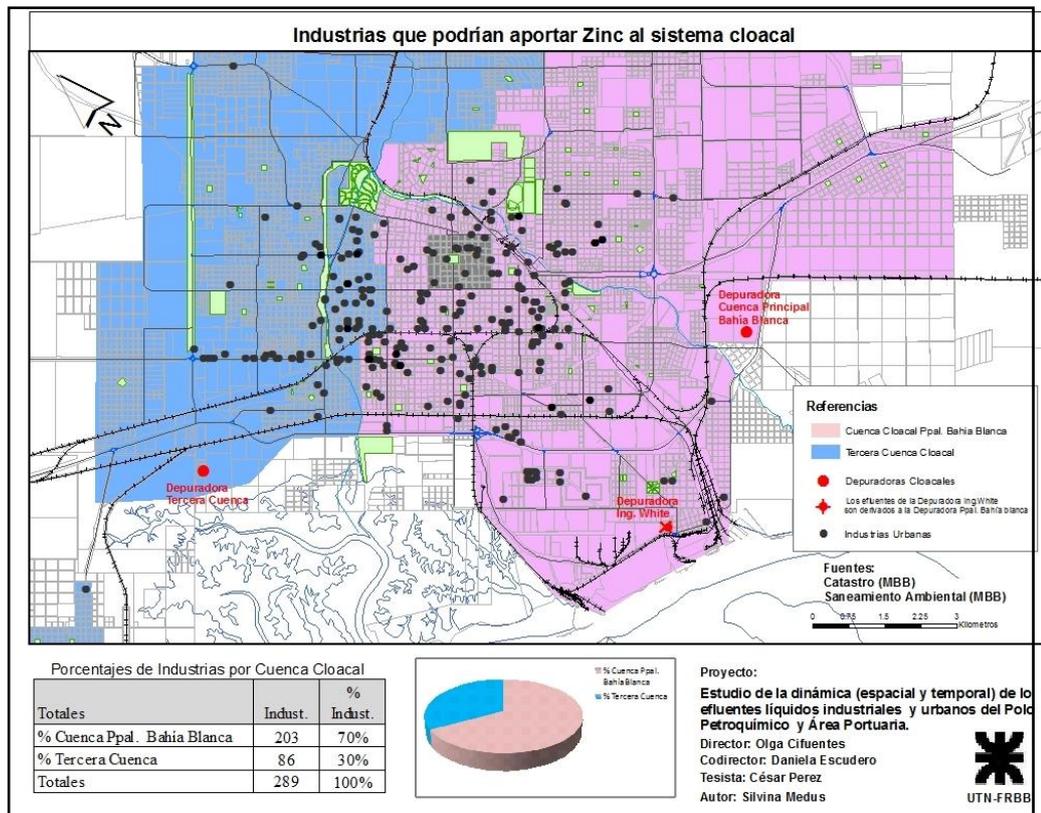
Tabla N° 25 - Concentración media de Zn disuelto y caudal en las descargas industriales del sector Polo Petroquímico

Descarga Industrial	Datos Concentración					Datos Caudal (**)			
	Número de Observaciones	Detectables	<LD o NDs	% NDs	KM Media mg/L	Número de Observaciones	Mínimo m ³ /h	Máximo m ³ /h	Promedio m ³ /h
Air liquide	107	107	0	0,00%	0,9030	57	0,10	5,63	1,88
Cargill (*)	22	10	12	54,55%	0,0932	103	5,30	99,00	35,47
EPE	50	33	17	34,00%	0,0726	33	1,60	70,00	11,67
HDPE	58	27	31	53,45%	0,0548	29	0,10	91,20	23,77
LDPE	47	26	21	44,68%	0,0474	12	0,15	144,00	23,79
LHC-1	95	44	51	53,68%	0,0532	79	6,70	400,00	69,71
LHC-2	95	38	57	60,00%	0,0497	69	3,00	124,00	28,41
MEGA	108	54	54	50,00%	0,0615	59	0,10	52,20	17,69
Petrobras	101	43	58	57,43%	0,0615	111	0,50	80,00	30,97
Profertil (*)	109	83	26	23,85%	0,2100	114	32,00	934,00	339,90
Solvay	127	66	61	48,03%	0,0660	143	45,00	380,00	176,20
Termo M6	28	15	13	46,43%	0,0564	26	12.000,00	80.000,00	56.708,00
Termo Oleo	18	12	6	33,33%	0,0717	7	10,00	40,00	19,29
TGS	93	39	54	58,06%	0,0509	86	0,03	37,40	8,71

Referencias:
 <LD o ND menor al límite de detección o no detectable.
 KM Media: valor medio estimador Kaplan-Meier.
 (*) Diferencia negativa de número de observaciones de concentración de Zn versus datos de caudal se debe a que en algunas oportunidades se han monitoreado otros parámetros sin incluir al Zn.
 (**) No todas las veces que se midió concentración de Zn se midió simultáneamente caudal.

Fuente: Elaboración propia 2015

Figura N° 6 Industrias que podrían aportar Zn al sistema cloacal



Fuentes: Catastro (MBB) y Saneamiento Ambiental (MBB). Cartografía Lic. Silvina Medus (2015).

6.2.2.2. Cuenca Principal de Bahía Blanca.

Los datos recopilados para esta descarga se corresponden con los resultados de los monitoreos realizados en el período 2011-2012 (Monserrat y Uribe Echeverría, 2013).

El muestreo y análisis se realizó mediante monitoreos en las cuatro estaciones del año y durante siete días por estación, tomando muestras las 24 hs del día con un muestreador automático. El mencionado proyecto estimó que a través de esta descarga se vierten al estuario un promedio de 1750 m³/h de efluente cloacal.

Las concentraciones de Zn no superaron el límite máximo admisible establecido por la Ley Provincia de Buenos Aires 11.820/96 ($Zn \leq 2 \text{ mg/L}$). Los datos fueron procesados con el programa ProUCL determinando una concentración media de

0,0952 mg/L. En el Anexo D Tabla D.1 se pueden observar los resultados del programa (ver variable Zn Cuenca Principal). Con esta concentración se establece la carga másica anual que aportada al estuario por esta descarga.

6.2.2.3. Colector de la Tercera Cuenca.

La Resolución N° 1826/06 del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) establece que la descarga cloacal de la planta depuradora de la Tercera Cuenca debe cumplir con los límites máximos admisibles establecidos en la Resolución 336/03 del ADA para descargas a cuerpo de agua superficial, dado que el cuerpo receptor de vuelco de dicha descarga es el arroyo Saladillo de García.

Los datos de concentración de Zn disuelto extraídos de los informes del CTE, período 2009 - 2014, indican que ningún valor superó el límite máximo admisible ($Zn \leq 2$ mg/L). Con el programa ProUCL se determinó la concentración media de este metal en el efluente resultando un valor de 0,0502 mg/L; los datos estadísticos se presentan en el Anexo D Tabla D.1 (ver variable Zn Tercera Cuenca). Al no disponer de mediciones del caudal de descarga, fue consultado el personal de ABSA que opera en la planta y se utilizó para cálculo, un caudal estimado de 600 m³/h. Con esta concentración se establece la carga másica anual que aportada al estuario por esta descarga.

6.2.3. Aguas subterráneas.

Para el análisis de la concentración promedio de Zn en el agua subterránea se descartaron los datos que se disponían del año 2014, todos por debajo del límite de detección, debido a que fueron obtenidos utilizando un método con límite de detección superior (0,50 mg/l) al de años anteriores (< 0,01 mg/l). Al respecto el CTE en el PIM (2014) expresó *“A fines prácticos y analíticos este límite sirve para comparar con las tablas de referencia de la NOAA y del Decreto 831, sin embargo no sirve para la alimentación de la base de datos histórica ya que es superior a los reportados en años anteriores”*.

Sobre un total de 113 análisis de Zn el 76,99 % fue superior al límite de detección y en ningún caso superó el nivel guía de la NOAA y del Decreto 831/93 de 5 mg/L.

Los datos de Zn de agua de pozos fueron procesados con el programa ProUCL, a efectos de determinar el valor medio. Se consideraron las mediciones por debajo del límite de detección, usando el método Kaplan-Meier, resultando la concentración media 0,0650 mg/L. Los resultados estadísticos se presentan en el Anexo E Tabla E.1.

6.3. Estudios sobre descargas naturales.

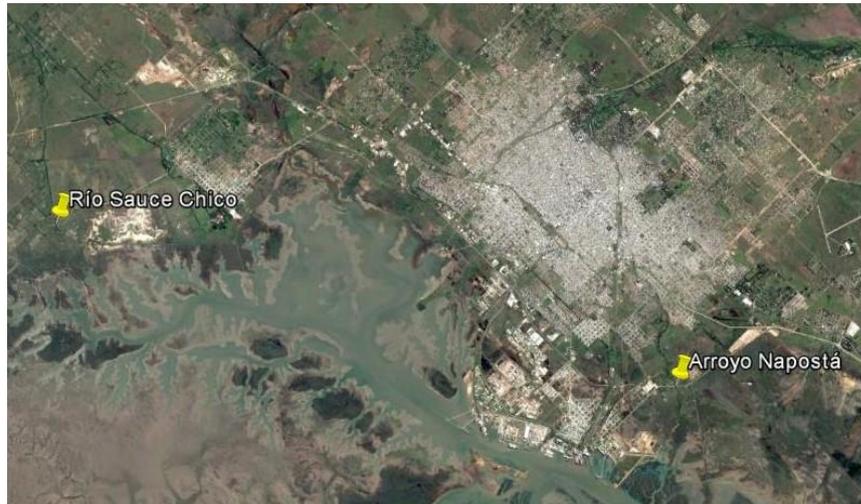
La información recolectada relacionada con las concentraciones de Zn disuelto en el río Sauce Chico y en el arroyo Napostá Grande es escasa. Los resultados del estudio realizado por Del Blanco et al. (2003) sobre el aporte de metales pesados, indican que ambas descargas al estuario de Bahía Blanca son similares, y en el caso del Zn los valores fueron menores al límite de detección.

El CTE comenzó en el 2013 un monitoreo sistemático de estos dos cuerpos permanentes de agua dulce. Los valores detectados varían desde menor al límite de detección a 0,05 mg/L (PIM 2013 y PIM 2014). Estos valores son superiores a los niveles naturales de Zn en el ambiente presentados en la Tabla N° 3 del Marco Teórico para ríos de llanura aluvial (5-40 µg/L). Lo que indicaría que reciben aporte de Zn de origen antrópico.

Por disponer de pocos datos para ser procesados con el programa ProUCL con la metodología de Kaplan-Meier, se optó por sustituir los datos menores al límite de detección por el valor $<LD/2$, que es otro criterio aceptado por la EPA. El resultado de concentración promedio de las dos descargas es: 0,019 mg/L y 0,028 mg/L para río Sauce Chico y arroyo Napostá Grande respectivamente.

En la Figura N° 7 se observan los lugares de muestreo de descargas naturales, cabe aclarar que la toma de muestra no se realizó en días de lluvia, por lo que se considera que corresponden al aporte de la descarga sin el componente adicional de la escorrentía urbana.

Figura N° 7 Localización muestreo de descargas naturales



Fuente: elaboración propia, 2015

6.4 Escorrentía superficial urbana.

6.4.1 Zn de los techos.

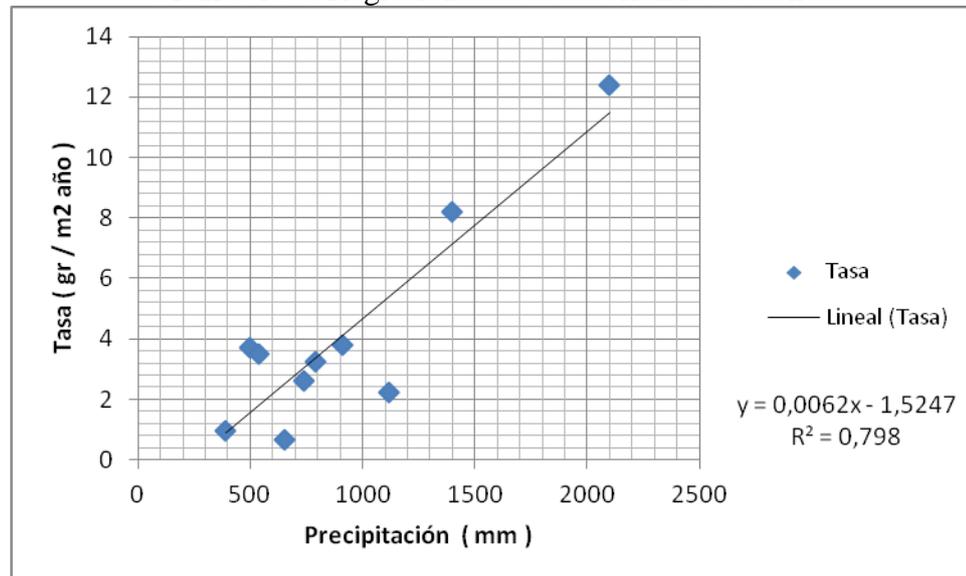
Para el área de Bahía Blanca, en la bibliografía consultada, no se han encontrado estudios que hayan estimado la concentración de Zn producto de la escorrentía de los techos. Para calcular la cantidad de este metal que se estaría aportando al estuario, a través de este medio durante las precipitaciones, fue necesario determinar un valor de concentración de Zn debido a esta escorrentía. Para ello se realizó una regresión lineal con las tasas reportadas en la Tabla N° 4 (página 35) del Marco Teórico, en función del nivel de precipitación informado. En el Gráfico N° 3 se presentan las mencionadas tasas y el resultado de dicha regresión.

Considerando para la ciudad de Bahía Blanca un promedio de precipitación anual de 584 mm (Campo et al., 2009), del Gráfico N° 3, se obtiene como resultado una tasa de 2,096 gr / m² año. Auckland Regional Council (2010), definió como promedio general una tasa de 2,38 g/m² por año como se mencionó en el Marco Teórico (punto 2.7.1). La tasa determinada para la ciudad es del mismo orden de magnitud.

Dado que esta tasa esta expresada en función de área, fue necesario estimar la superficie existente de techos de Zn en la ciudad. Para este cálculo se utilizaron los

datos del último censo poblacional año 2010, el cual arrojó 126.639 viviendas. Como no se dispone de la cantidad y/o el porcentaje de casas con techo de metal para la ciudad, se estima multiplicando el total de viviendas por el porcentaje de casas con techo de chapa calculado en el mencionado censo para toda la Provincia de Buenos Aires (total de casas con techo de chapa / total de casas en la Provincia) que es del 36%. Por último, se asume una superficie de techo promedio de 60 m² (casa tipo de 2 dormitorios) para cada vivienda. Teniendo en cuenta estas consideraciones, por efecto de la lluvia, llegarían al estuario a través de los desagües pluviales 5.729 kgZn/año. En el Anexo F se muestra en detalle el cálculo efectuado para arribar a dicho resultado.

Gráfico N° 3 Regresión tasa de escorrentía de techos.



Fuente: Elaboración propia, 2015

6.4.2 Zn proveniente de las calles.

Como se mencionó en el Marco Teórico, son muchos los contaminantes que se encuentran en el polvo de las calles, que son arrastrados por el agua de las precipitaciones a los desagües y a través de éstos, llegan al estuario. Varios autores atribuyen al desgaste de los neumáticos la mayor parte del Zn que se encuentra en el polvo de las calles.

Para calcular la cantidad de Zn generada por los vehículos, fue necesario estimar la masa total de partículas provenientes del deterioro de los neumáticos de los rodados que circulan por la ciudad. Para ello, se tomaron los datos del movimiento vehicular detallado en el inventario de emisiones gaseosas de fuentes móviles de Bahía Blanca elaborado por el CTE (Heim y Stadler, 2013). Además, se consideró un desgaste de 0,05 g neumático / km y la cantidad de neumáticos por tipo de vehículo, datos tomados de Councell et al.(2004). Los cálculos realizados indican que se generarían 359.543 kg/año de polvo; de los cuales según EPA (2014) el 8% (EPA, 2014) o sea 28.763 kg/año, serían partículas < 10 µm que van a la atmosfera. El 92% restante que queda en superficie, contiene un 1% de Zn (Councell et al. 2004). Por lo tanto, por el desgaste de los neumáticos de los autos de la ciudad habría 3.595 kg/año de Zn en el polvo de las calles. Parte de éste tiene como destino el relleno sanitario de la ciudad por el barrido de calles; la vegetación a los costados de las rutas, retendrá otra parte y el resto, principalmente por escorrentía del desagüe de las calles, llega al estuario. Si bien no se puede precisar el volumen de Zn por esta fuente, es importante reconocer que el tránsito de la ciudad es un aporte indirecto.

En la Tabla N° 26 se presenta el detalle de los cálculos de Zn generado por desgaste de neumáticos.

Tabla N° 26 – Zn generado por el desgaste de neumáticos.

Tipo de Vehículo	Kilometraje anual / vehículo (*)	Numero de vehiculos (*)	Neumáticos por vehículo (**)	kg/año
Motos	7.344	47.700	2	35.031
Autos particulares	11.000	123.525	4	271.755
Taxis y remises	120.000	483	4	11.592
Transp. de carga, ejecutivos y autoescuelas	25.000	5.784	4	28.920
Transporte público de pasajeros	68.150	171	6	3.496
Transporte privado de pasajeros	68.150	160	6	3.271
Camiones de carga	20	296.424	18	5.336
Colectivos larga distancia	20	23.725	6	142
Referencias:				
Estimaciones basadas en un desgaste de 0,05 g neumático/km			Total	359.543
(*) Comité Tecnico Ejecutivo (2013)			8% PM10	28.763
(**) Councell et al (2004)			15% del PM10 es PM2,5	4.315
			1% Zinc	3.595

Fuente: Elaboración propia, 2015

6.5 Deposición atmosférica.

El aporte de metales pesados por deposición atmosférica depende de varios factores tales como: precipitaciones anuales; velocidad y dirección de los vientos, características de los suelos en las áreas circundantes, tamaño de las partículas, si es zona urbana, sub-urbana, rural o industrial; metodología utilizada para su estimación (directa o indirecta). Además, en los distintos estudios de investigación se han utilizado muy variados instrumentos/dispositivos para tomar las muestras. Por lo tanto, para el caso de estudio se toma como Tasa de Deposición Atmosférica de Zn de $15,21 \text{ mg/m}^2$ año, valor informado por el CTE, como se mencionó en Procesamiento de la Información (punto 5.5).

Para estimar el aporte total por esta fuente se asume que la superficie de la planicie de marea del área de estudio, es de 500 km^2 , que resulta una contribución de 7605 kg de Zn por año. Considerando que su distribución es homogénea en el área y se acumula durante un año, generaría en el fondo del estuario una capa de espesor aproximada de 2,13 micrones.

6.6 Fuentes difusas.

La contaminación difusa se genera por la sumatoria de pequeños aportes individuales desde sitios diversos –cada uno con un aporte imperceptible– y que se repiten periódicamente, por largo tiempo, generando efectos acumulativos. Una característica básica de esta contaminación es que sus impactos no son locales sino que tienden a afectar toda una cuenca hidrográfica, incluyendo el área marina asociada.

Hasta 1992, los residuos de Bahía Blanca se disponían en un basural a cielo abierto conocido vulgarmente como “la quema”, ubicado en proximidades del Balneario Maldonado sobre el frente marítimo, en la calle Belisario Roldán. Este sistema de gestión de residuos sólidos urbanos, producía un deterioro progresivo del entorno, agravado por la aparición de roedores y otros vectores, así como por la contaminación del agua, aire y suelo. A partir de ese año, se habilitó el relleno sanitario de la ciudad de Bahía Blanca, que es donde actualmente se dirigen los

residuos de la recolección domiciliar. El basural Belisario Roldán quedó habilitado para recibir residuos inertes, como escombros, tierra y ramas provenientes de la poda. Esta modalidad continuó hasta el año 2010, cuando por Ordenanza Municipal N° 15.753 se acepta el proyecto de cierre definitivo y recuperación del lugar.

Durante los años de mayor actividad fueron depositados en el sector residuos que contenían Zn o sus compuestos, tales como: pilas secas, placas de fotograbado, latas de pintura, equipos eléctricos y recipientes de latón, cubiertas de vehículos, entre otros.

Actualmente no está operativo, pero por falta de control, particulares aún siguen arrojando residuos en el sector, como puede observarse en la sucesión de imágenes capturadas durante el año 2015 que se muestran en Fotos 5. Por ello, sus lixiviados se convierten en una descarga difusa sobre un sector de la planicie de inundación del estuario.

En el año 2012, el CTE realizó un muestreo, en tres lugares de la zona costera inundable del ex basural, identificados como BR1, BR2 y BR3 (Figura N° 8). Las determinaciones fueron en barros y lixiviados de éstos (PIM, 2012). Las concentraciones detectadas para Zn se observan en la Tabla N° 27.

Figura N° 8 Ubicaciones de los sitios de muestreo ex basural



Fuente: PIM, 2012



Foto 5 Residuos ex basural Belisario Roldan

Tabla N° 27 Concentraciones de Zn en zona inundable del ex basural.

	BR1	BR2	BR3
Georreferencia	38° 44' 51,61" S 62° 18' 50,08" O	38° 44' 50,20" S 62° 18' 59,20" O	38° 44' 52,70" S 62° 19' 5,70" O
Zn en barro mg/kg	45,10	20,70	20,20
Zn en lixiviado mg/L	Sin Dato	0,11	0,22

Fuente: Elaboración propia en base a datos PIM (2012)

La concentración en barro es del mismo orden de magnitud que los hallados en los sedimentos muestreados en el estuario (Anexo A, Tabla A.2). Con respecto a la concentración en lixiviados estos son menores al nivel guía de referencia del Decreto Nacional N° 831/93 de la Ley Nacional N° 24.051/92 de Residuos Peligrosos ($Zn \leq 500$ mg/L).

La contaminación difusa en esta área está asociada al régimen de lluvias y a los movimientos de las mareas. Debido a la falta de una clara o continua emanación que pueda ser muestreada rutinariamente para su caracterización, resulta difícil determinar y o estimar este tipo de aporte.

Otro aporte difuso es el proveniente de la protección catódica de buques. La corrosión es el enemigo más grande de un barco y un aspecto inevitable debido al contacto continuo con el agua de mar. El Zn es uno de los materiales más utilizados para este tipo de protección. En la Foto N° 6 se observa, como ejemplo, un ánodo nuevo y uno en su estado final. La cantidad de ánodos para proteger el exterior de un casco de barco se calcula en base a diversos factores, tales como: tamaño, tipo de embarcación, condiciones de servicio, condición actual del casco. Debido a que la estadística ofrecida por el CGPBB en su página web solo indica el movimiento de buques de carga (que en el área portuaria oscila entre 650 y 750 barcos por año), pero se desconoce el número de embarcaciones menores (deportivas y de pesca costera) y los factores para determinar la cantidad de ánodos y desgaste de éstos en

el período de circulación por el estuario. Por este motivo, no puede cuantificarse éste aporte.

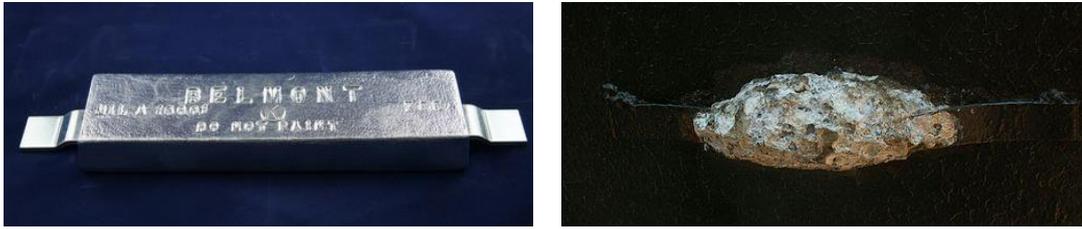


Foto N° 6 Ánodo nuevo y su estado final

6.7 Total de Aportes de Zn al estuario.

A continuación se detallan algunas observaciones a tener en cuenta antes de estimar la carga másica anual vertida por cada uno de los aportes directos de Zn al estuario:

- Como se mencionó en el Capítulo 4 –Descripción del Área de Estudio, los efluentes de la planta de Air Liquide y de las industrias radicadas en el Parque Industrial de Bahía Blanca descargan en la colectora cloacal, que los conduce a la planta depuradora de Ing. White. Éstos, junto con los efluentes domiciliarios de la localidad portuaria, están siendo derivados a la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca. Por lo tanto, estos aportes están contabilizados con la descarga de esta planta.
- El canal Maldonado tiene un caudal permanente debido a vertidos clandestinos observados en su trayecto. Si bien el mismo es reducido, esta irregularidad podría ser posible fuente de Zn. Además, en la bibliografía consultada, no se encontraron datos sobre mediciones de caudal y concentraciones. Su caudal más significativo se da en eventos de precipitaciones, por lo tanto el Zn que ingresaría este efluente está considerado con el aporte por escorrentía de techos. Aunque habría una carga más y es el Zn proveniente del polvo de las calles, que si bien se elaboró una estimación de la cantidad generada por el desgaste de neumáticos, se desconoce la cantidad que realmente puede llegar al estuario durante las lluvias.

- La descarga de la planta LLDPE no se consideró ya que es discontinua, hay pocos análisis de esta descarga y los datos no son estadísticamente representativos.
- Con respecto al arroyo Saladillo de García como es de origen pluvial, y en forma continua tiene el ingreso de la descarga de la planta de TGS, para estimar esta carga solo se tuvo en cuenta el aporte de esta planta.

En la Tabla N° 28 se enumeran cada uno de los aportes de Zn estimados al estuario como carga másica (expresada en kg/año) y la sumatoria total de las mismas. Se observa la cantidad de Zn incorporada por el total de las descargas líquidas continuas, por la escorrentía de los techos debido a las lluvias anuales y por deposición atmosférica.

Un cuadro resumen se presenta en el Gráfico N° 4.

TABLA N° 28 - Aportes de Zn al Estuario de Bahía Blanca

		Caudal	Concentración	Carga masica de Zn	
		m3/h	mg/L	kg / año	
Cloacales	Planta Depuradora Cuenca Principal Bahía Blanca	1.750,00	0,0952	1.459	
	Planta Depuradora Tercera Cuenca	600,00	0,0502	264	
Industriales	Profertil	339,90	0,2100	625	
	Cargill	35,47	0,0932	29	
	Cenral Térmica Cte Luis Piedra Buena	19,29	0,0717	12	
	Petrobras	30,97	0,0615	17	
	Mega	17,69	0,0615	10	
	Canal Colector Polo Petroquímico	Solvay-Indupa	176,20	0,0660	102
		HDPE	23,77	0,0548	11
		LHC-I	69,71	0,0532	32
		LHC-II	28,41	0,0497	12
		LDPE	23,79	0,0474	10
EPE	11,67	0,0726	7		
Superficiales	Río Sauce Chico	6.840,00	0,0190	1.138	
	Arroyo Naposta Grande	2.880,00	0,0280	706	
	Saladillo de García	TGS	8,71	0,0509	4
Subterráneos		83,33	0,0650	47	
TOTAL ESTIMADO DESCARGAS LIQUIDAS CONTINUAS		12.939	-	4.487	
Aportes por escorrentía de techos				5.729	
Deposición atmosférica				7.605	
TOTAL DE ZINC ESTIMADO DE INGRESO AL ESTUARIO				17.821	

Fuente: Elaboración propia, 2015

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Aportes de Zinc al estuario bahiense

Grafico N° 4 Cuadro Resumen



“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

CAPITULO 7

CONSIDERACIONES FINALES

CONSIDERACIONES FINALES

7.1 Conclusiones.

Durante el desarrollo de esta tesis se pudieron identificar las posibles fuentes que incorporan Zn al estuario bahiense y estimar las contribuciones relativas de cada una de ellas. Del análisis de los datos recopilados y cálculos realizados, surgen las siguientes consideraciones:

El total estimado de aportes directos de Zn al estuario, de las fuentes que pudieron ser cuantificadas, es de 17.821 kg/año, el 25,18 % lo aportarían las descargas líquidas continuas (cloacas, industrias y afluentes naturales); el 32,15 % sería por escorrentía de techos y finalmente el 42,67 % se podría atribuir a la deposición atmosférica, cabe aclarar que esta fuente se estimó con datos de un año de muestreo.

No fue posible evaluar cuál es la contribución por el desgaste de los neumáticos de los vehículos, dado que se carece de estudios específicos en el área, y esta generación tiene diferentes destinos: el relleno sanitario de la ciudad por el barrido de las calles, el aporte al estuario en días de lluvia y una parte que por efecto del viento se incorpora al aire (esta estaría incluida en la estimación de la deposición atmosférica).

Se identificaron posibles contribuciones difusas, como los lixiviados del ex basural Belisario Roldan y el proveniente de la protección catódica de buques, aunque no fue posible estimar estos aportes.

Los resultados del análisis de ANOVA demuestran que para el metal en estudio (Zn), habría un sector del estuario que no tiene un impacto antropogénico diferenciado. Abarca desde la estación de monitoreo en proximidades de la descarga de la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca (E3) hasta Puerto Cuatrerros (E8), todas a lo largo del canal principal. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las conclusiones de un trabajo de investigación realizado sobre fracciones < 63 μm sedimentos, con muestreo en cercanías de las descargas de las plantas del Polo Petroquímico sobre la costa, indicó que hay sitios que son

claramente afectados por las descargas. Estas dos conclusiones abren un área de investigación relacionada con el perfil de concentraciones de este metal desde la costa hasta el canal principal del estuario.

En cuanto a los efluentes líquidos (industriales y cloacales) cumplen con el máximo admisible requerido por la legislación para descarga, dependiendo del valor según su cuerpo receptor. Sin embargo, al comparar las cargas máxicas anuales se puede observar que el efluente de la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca es dos veces mayor que la industria que más aporta. Con respecto al río Sauce Chico, es el de mayor carga máxica entre las descargas naturales y segundo entre todos los efluentes líquidos, este río tiene la menor concentración de Zn pero el mayor caudal, 53% de todas las descarga líquidas estimadas. Estos datos evidencian el impacto de un mayor caudal frente a la concentración del contaminante en el mismo.

La detección de Zn en los efluentes cloacales indica que las industrias radicadas en el ejido urbano, que vuelcan sus efluentes a estos colectores pueden ser una potencial fuente de este metal al estuario.

Los impactos ambientales tienen diversas causas, con diferentes consecuencias, pero un origen común en el hombre. Por lo que, se debe tomar conciencia que es necesario cambiar hábitos de consumo para cuidar nuestro planeta; por ejemplo para minimizar la generación de partículas conteniendo Zn (desgaste de neumáticos), promover el mayor uso de los medios de transporte públicos y reducir la utilización del vehículo particular.

Si bien las concentraciones de Zn no son críticas y no evidencian una tendencia en aumento, contar con información científica y sistematizada es esencial para la toma de decisiones, con vista al bienestar futuro de la población. La implementación de programas multidisciplinarios de investigación sobre la temática tratada y la presencia de otros metales son de gran importancia y aportarían información indispensable para evaluar los procesos evolutivos en la calidad ambiental del medio.

7. 2 Recomendaciones.

Las siguientes recomendaciones, además de completar la información necesaria para el estudio de aportes de Zn al estuario bahiense, permitirán minimizar incertidumbres y podrían constituirse en sí mismas, en futuras líneas de investigación a desarrollar:

Implementar un monitoreo periódico sobre los aportes superficiales naturales especialmente Río Sauce Chico y el Arroyo Napostá Grande, que permita determinar la carga de contaminantes que recibe al pasar por zonas urbanas y determinar si su aporte es constante o estacional.

Diseñar e implementar un monitoreo de los efluentes pluviales de la ciudad, dado que estos aportarían más de un 30% del total de Zn que llega al estuario.

Diseñar e implementar un monitoreo en el área del ex basural Belisario Roldán para confirmar y/o desestimar una contaminación difusa de esta fuente.

Implementar un monitoreo periódico de la colectora cloacal del Parque Industrial de Bahía Blanca por parte de la autoridad de control, sus efluentes se derivan a la Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca.

Implementar un monitoreo sistemático de la deposición atmosférica, para confirmar el impacto de esta fuente. Calcular un índice de enriquecimiento o similar, así como utilizar modelos de receptores a efectos de poder confirmar y determinar las posibles fuentes de este aporte.

Estudiar en detalle las marismas del estuario, las especies de algas que se encuentran podrían ser eficaces depuradoras por su capacidad de secuestrar contaminantes, Zn uno de ellos. Por lo tanto un posible uso de las mismas es la remediación de suelos.

En este estudio no se realizaron análisis de la presencia de metales en el polvo de calle, el cálculo se hizo en base a datos bibliográficos. La importante presencia de Zn en este medio abre futuras líneas de investigación.

Por último, fomentar un acuerdo entre los municipios de Bahía Blanca y Coronel de Marina Leonardo Rosales, junto con la Base Naval Puerto Belgrano, para incorporar en los estudios sobre el estuario, el impacto que pudieran estar aportando la actividades de la mencionada Base militar, así como los desagües cloacales de la ciudad de Punta Alta. Áreas no contempladas en este estudio.

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry - ATSDR (2005). “Toxicological Profile for Zinc”. Division of Toxicology / Toxicology Information Branch, 1600 Clifton Road NE Mailstop F-32 Atlanta, Georgia 30333

Al-Fatlawi, S.M.G.; Al-Alwani, M.; (2012).”Heavy Metal Pollution of roadside dust samples with Different Traffic Volumes at Hilla City”. The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, vol.12, n°.4, pp 660-672.

Alhassan, A.J.; Sule, M.S.; Atiku, M.K.; Wudil, A.M.; Dangambo, M.A.; Mashi, J.A.; Ibrahim, N.A.; (2012). “Study of Correlation between Heavy Metal Concentration, Street Dust and Level of Traffic in Major Roads of Kano Metropolis, Nigeria”. Nigerian Journal of Basic and Applied Science, vol. 20, n° 2, p 161-168.

Allende, D. G.; Romero, G. E.; Cremades, P. G.; Mulena, G.C.; Puliafito, S. E.; (2013). “Caracterización horaria y diaria de la concentración del número total de partículas en ambientes urbanos y suburbanos en Mendoza”. Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina, vol. 2, p 393-410.

Auckland Regional Council; (2010). “Development of the Contaminant Load Model” Auckland Regional Council Technical Report 2010/004.

Ayrault, S.; Catinon, M.; Boudouma, O.; Bordier, L.; Agnello, G.; Reynaud, S.; Tissut, M.; (2013). “Street Dust: Source and Sink of Heavy Metals To Urban Environment”. E3S Web of Conferences, vol.1, n° 20001.

Bermudez, G.M.A.; Jasan, R.; Plá, R.; Pignata, M.L.; (2012). “Heavy metals and trace elements in atmospheric fall-out: Their relationship with topsoil and wheat element composition”. Journal of Hazardous Materials, vol. 213-214, p 447-456.

Bhattacharya, T.; Chakraborty, S.; Tuteja, D.; Patel, M.; (2013). “Zinc and Chromium Load in Road Dust, Suspended Particulate Matter and Foliar Dust Deposits of Anand City, Gujarat”. Open Journal of Metal, vol. 3, p 42-50.

Bokuniewicz, H.J.; (1995). “Sedimentary systems of coastal plain estuaries”. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries, Developments in Sedimentology, vol. 53, p 49-68.

Bonorino, A.G.; Sala, J.M.; (1983). Comisión Estudio de Suelos White-Cerri. MOP de la Provincia de Buenos Aires. Informe Final, Capítulo: Geohidrología, La Plata.

Boyle Torrey, B; (2004). “La urbanización una fuerza ambiental considerable”. Population Reference Bureau. Informe.

Buchman, M. F.; (2008). “NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration.

Bustos Cara, R.; Sartor, A.; Cifuentes, O.; Escudero, D.; Frank, C.; Gonzalez, M.; Torres, N.; Di Martino, C.; Schmidt, P.; Medus, S.; Zalba, S.; Bini, R.; Bonzini, M.; Gillich, J.; (2015). “Gobernanza del Agua Gestión Integrada de Recursos Hídricos Agua y Energía”. PID 25/B031. Universidad Tecnológica Nacional – FRBB.

Cadle, S.H.; Williams, R.L.; (1979). “Gas and Particle Emissions from Automobile Tires in Laboratory and Field Studies”. *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 52, n° 1, p 146-158.

Caló, J.; Marcos, A.; Fernandez, A.; Aldacour, H.; Varela, P.; (1998). “Distribución de partículas sedimentables en el área urbana de Bahía Blanca y su incidencia en el medio ambiente”. *Actas II Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, p 31-42. San Salvador de Jujuy, Argentina.

Campo, A.M., Ramos, M.V.; Zapperi, P.A.; (2009). “Análisis de la variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina”. *Actas electrónicas, 12 congreso de geógrafos latinoamericanos*. Uruguay.

Campo, A.M., Gil, V.; Gentili, J.O.; Volonté, A.; Duval, V.; (2011). “Inventario de eventos climáticos-meteorológicos extremos. Suroeste bonaerense (1995-2010). ”. *Párrafos Geográficos* , vol 10, n° 1, pp 102-115.

Campo de Ferreras, A.; Capelli de Steffens, A.; Diez, P.; (2004).”El clima del suroeste bonaerense”. *Departamento de Geografía y Turismo, UNS, Bahía Blanca* 99 pp.

Council, T.B.; Duckenfield, K.U.; Landa, E.R.; Callender, E.; (2004). “Tire-Wear Particles as a Source of zinc to the environment”. *Environmental Science & Technology*, vol. 38, n° 15, p 4206-4214.

Da Rodda, C.; Parodi, E.R.; (2007). “Variación estacional del microfítobentos y variables ambientales en marismas”. *XXXI Jornadas Argentinas de Botánica-Ficología; Corrientes, Argentina*.

Deacon, J.R.; Driver, N.E.; (1999). “Distribution of Trace Elements in Streambed Sediment Associated with Mining Activities in the Upper Colorado River Basin, Colorado, USA, 1995–96”. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol 37, N°. 1, pp 7-18.

Del Blanco, L.; Botté, S.E.; Chiarello, M.N.; Arlenghi, J.; Freije, R.H.; Marcovecchio, J.E.; (2003). “Estimación del aporte de metales pesados del Río Sauce Chico y Arroyo Napostá Grande al estuario de Bahía Blanca”. *V Jornadas Nacionales de Ciencias del mar y XIII Coloquio Argentino de oceanografía; Mar del Plata, Argentina*.

Duce, R.A.; Galloway, J.N.; Liss, P.S.; (2009). “Los impactos de la deposición atmosférica sobre el océano en los ecosistemas marinos y en el clima”. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, vol. 58, n° 1, p 61-66.

Eisler, R., (1993). “Zinc Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review”, U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Patuxent Wildlife Research Center, Contaminant Hazard Reviews Report 26, Biological Report 10.

El Sayed A. E.; Girgis B. R.; Rajab M. H.; Nassar E. S.; (2010).”Trace Metal Concentrations in Street Dust Samples in Zagazig City, Egypt and their Risk Assessment”. Proceeding of Fifth Scientific Environmental Conference, Zagazif University, pp 37-47.

Environmental Protection Agency - EPA; (2002). “National Recommended Water Quality Criteria”. EPA-822-R-02-047.

Environmental Protection Agency - EPA; (2003). ”Protecting water quality from urban runoff”. EPA 842-F-03-003.

Environmental Protection Agency - EPA; (2005). “Toxicological review of Zinc and Compounds”. Report 635/R-05/002.

Environmental Protection Agency - EPA; (2014). “Brake and Tire Wear Emissions from On-road Vehicles in MOVES2014”. EPA-420-R-14-013.

European Food Safety Authority - EFSA (2006). “Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals”. Scientific Committee on Food and Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. ISBN: 92-9199-014-0.

Freije, R.H.; Asteasuain, R.O.; Tombesi N.B.; Pereyra, M.T.; Estévez, M.J.; (2000). ”Composición salina del río Sauce Chico y arroyo Napostá Grande”. Química Ambiental-Departamento de Química e Ingeniería Química-UNS.

Freitas O.M.M., Martins R.J.E., Delerue-Matos C. M., Boaventura R.A.R.; (2008). “Removal of Cd(II), Zn(II) and Pb(II) from aqueous solutions by brown marine macro algae: kinetic modelling”. Journal of Hazardous Materials, vol. 153, p 493–501.

Fujiwara F.; Gómez D; Faggi A.; (2013). “Perfiles Químicos y Patrones Espaciales del Polvo de la Calle Colectado en la Megaciudad de Buenos Aires”. Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina: contribuciones de la IV Reunión Anual PROIMCA y II Reunión Anual PRODECA 1a ed. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza, v. 2, p 385-391.

Gelo’s, E.M.; Marcos, A.O.; Spagnolo, J.O.; Schillizi, R.A.; (2004). “Textura y Mineralogía de Sedimentos”. Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca. Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, p 43–50.

Gentili, J.O.; Gil, V.; Campo, A.M.; Rosell, P.; (2012). “Calidad ambiental en Cueva de los Leones, periurbano de Bahía Blanca, Argentina”. Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG), Año 4, N° 4, Sección I: Artículos p 265-278.

Grecco, L.; Gómez, E.; Botté, S.; Marcos, A.; Marcovecchio, J.; Cuadrado, D.; (2010). “Natural and anthropogenic heavy metals in estuarine cohesive sediments: geochemistry and bioavailability”. *Ocean Dynamics*, vol.61, p 385-293.

Gromaire, M.C.; Robert-Sainte, P.; Bressy, A.; Saad, M.; De Gouvello, B.; Chebbo, G.; (2011). ”Zn and Pb emissions from roofing materials Modelling and mass balance attempt at the scale of a small urban catchment”. *Water Sci Technol*, vol. 63, n° 11, 2590-2597.

Guinder, V.A.; Popovich, C.A.; Molinero, J.C.; Perillo, G.M.E.; (2010). ”Long-term changes in phytoplankton phenology and community structure in the Bahía Blanca Estuary, Argentina”. *Marine Biology*, vol. 157, n°12, p 2703-2716.

Gunawardena, J.; Egodawatta, P.; Ayoko, G.A. and Goonetilleke, A.; (2013). “Atmospheric deposition as a source of heavy metals in urban stormwater”. *Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, Australia*.

He, W.; (2002). “Atmospheric Corrosion and Runoff Processes on Copper and Zinc as Roofing Materials”. *Doctoral Thesis, Department of Materials Science and Engineering Division of Corrosion Science Royal Institute of Technology SE-100 44 Stockholm, Sweden*.

Hoffmeyer, M.S.; (2011). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca-Anexo Estudio del Fitoplancton, Micro y Mezozooplancton”. *Pag. web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales*.

Heffner, M.; (2003). “Aportes de Agua a la Ría de Bahía Blanca”. *Comité Técnico Ejecutivo, Secretaría de Política Urbano Ambiental. Municipalidad de Bahía Blanca*.

Heijerick, D.G.; Janssen, C.R.; Karl, C.; Odnevall Wallinder, I.; Leygraf, C.; (2002). “Bioavailability of zinc in runoff water from roofing materials”. *Chemosphere*, vol. 47, p 1073–1080.

Heim, V.; Stadler, C.; (2013). “Inventario de Emisiones Gaseosas - Fuentes Móviles – 2013”. *Informe – Comité Técnico Ejecutivo, Agencia Ambiental MBB*.

Horváth, A.; (2012). “Estimation of zinc emission from galvanized gutters”. *Second Conference of Junior Researchers in Civil Engineering, Budapest, Hungría, p 220-227*.

Injuk, J.; Van Grieken, R.; (1995). “Atmospheric concentrations and deposition of heavy metals over the North Sea: A literature review”. *Journal of Atmospheric Chemistry*, vol. 20, p 179-212.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (1997). “Estudio de la Calidad de Agua de la Ría de Bahía Blanca”. *Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales*.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2000). “Estudio de la Calidad de Agua de la Ría de Bahía Blanca 2da etapa”. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2003). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”. Informe Final. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2006). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”. Informe Final. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2010). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2011). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino de Oceanografía - IADO; (2014). “Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca”. Pag web Municipalidad de Bahía Blanca, Comité Técnico Ejecutivo, Informes Medio Ambientales.

Instituto Argentino para el Desarrollo Sustentable, IADS; (2013). Proyecto “Estudios de vida más saludables”, I Fase: Estudio de terreno, informe final municipio de Bahía Blanca. Pag web Instituto Argentino para el Desarrollo Sustentable, <http://www.iadsargentina.org>

International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC; (2013). Compendium of Chemical Terminology - Gold Book, Version 2.3.3.

International Zinc Association - IZA; (1997). “Zinc in the environmental – An introduction”. 2da edición.

Kumar, D.; Santhanam, P.; Ananth, S.; Shenbaga Devi, A.; Nandakumar, R.; Balaji Prasath, B.; Jeyanthi, S.; Jayalakshmi, T.; Ananthi, P.; (2014). “Effect of different dosages of zinc on the growth and biomass in five marine microalgae”. International Journal of Fisheries and Aquaculture, vol. 6, n° 1, p 1-8.

Lamprea, K.; Ruban, V.; (2008). “Micro pollutants in atmospheric deposition, roof runoff and storm water runoff of a suburban Catchment in Nantes, France”. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

Lee Siu Lan, C.; (2007). “Study of atmospheric trace metal in particulate matter, dry and wet depositions, and mosses in the pearl river delta region”. The Hong Kong Polytechnic University Department of Civil and Structural Engineering. Thesis.

Lewis Jr., W.M.; Grant, M.C.; Saunders, J.F.; (1984). “Chemicals Patterns of Bulk Atmospheric Deposition in the State of Colorado”. *Water Resource Research*, vol 20, nro 11, pp 1691-1704.

Lopez Cazorla, A.C.; (2007). “Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca-Peces”. p 191- 201.

Ma J.; Singhirunnusorn W.; (2012).”Distribution and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Dusts of Maha Sarakham Municipality”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol 50, pp 280 – 293.

Martinez, M. V.; Buzzi, N.; Garcia, F.; Botté, S. E.; (2011). “Bioacumulación de metales en hepatopáncreas y branquias del cangrejo cavador *Neohelice granulata*, en el estuario de Bahía Blanca”. II Jornadas Patagónicas de Biología, I Jornadas Patagónicas de Ciencias Ambientales y IV Jornadas Estudiantiles de Ciencias Biológica. Trelew, Argentina.

Mazzon, C.; Pralongo, P.; Zapperi, G.; Piovan, M.J.; Fiori, S.; (2011). “Cambios en la extensión y estructura espacial de las marismas de *Spartina alterniflora* en el estuario de Bahía Blanca”. II Jornadas Patagónicas de Biología, I Jornadas Patagónicas de Ciencias Ambientales y IV Jornadas Estudiantiles de Ciencias Biológica. Trelew, Argentina.

Melo, W. D.; Schillizzi, R.; Piccolo, Ma.C.; Perillo, G.M.E.; (2003). “Influencia del área continental pampeana en la evolución morfológica del estuario de Bahía Blanca”. *Revista, Asociación Argentina de Sedimentología*. vol. 10, n° 1, p 39-52.

Mendez, C.B.; Brandon Klenzendorf, J.; Afshar, B.R.; Simmons, M.T.; Barrett, M.E.; Kinney, A.K.; Kirisits, M.J.; (2011). “The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater”. *Water Research*, vol. 45, n° 5, p 2049-2059.

Meraz, E.; Veleva, L.; Acosta, M.; (2007). “Etapas iniciales del zinc runoff en clima tropical húmedo”. *Revista de Metalurgia*, vol. 43, n° 2, p 85-100.

Migon, C.; Caccia, J. L.; (1990). “Separation of anthropogenic and natural emissions of particulate heavy metals in the western Mediterranean atmosphere”. *Atmospheric Environment*, vol. 24, pp 399-405.

Miller, M.; (2013). “Roof Runoff”. <http://www.iwawaterwiki.org/>.

Mmolawa K.B.; Likuku A.S.; Gaboutloeloe G.K. (2011). “Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana”. *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 5(3), pp. 186-196.

Momani, K.A.; Jiries, A.G.; Jaradat, Q.M.; (2000). “Atmospheric Deposition of Pb, Zn, Cu, and Cd in Amman, Jordan”. *Turkish Journal of Chemistry*, vol. 24, p 231-237.

Monserrat, V.; Uribe Echevarría, M. (2013). “Evaluación de reuso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”. Universidad Tecnológica Nacional FRBB.

Moore, J.; (2009). “Sampling road runoff to estimate loads of Cooper and zinc”. 6th South Pacific Stormwater Conference Auckland, New Zealand.

Morales-Baquero, R; Pulido-Villena, E.; Romera, O.; Ortega-Retuerta, E.; Conde-Porcuna, J.M.; Pérez-Martínez, C.; Reche, I.; (2006). “Significance of atmospheric deposition to freshwater ecosystems in the southern Iberian Peninsula”. *Limnetica*, vol 25, pp 171-180.

Nebbia, A.J.; Zalba, S.M.; (2007). “Comunidades halófitas de la costa de la Bahía Blanca (Argentina): caracterización, mapeo y cambios durante los últimos cincuenta años”. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 42, n° 3-4, p 161-171.

Negrin, V.L.; Nahuelhual, E.; Gracia, F.E.; Botté, S.E.; La Colla, N.S.; Gutierrez, G.S.; Marcovecchio, J.E.; (2012). “Marismas: ¿Secuestradoras de metales pesados en el estuario de Bahía Blanca?”. VIII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar – XVI Coloquio Argentino de Oceanografía – Comodoro Rivadavia. Argentina.

Netherlands Centre For Water Management (2008). “Atmospheric corrosion of galvanised steel and sheet zinc”. Emission estimates for diffuse sources Netherlands Emission Inventory, report.

Neves, R.; Baretta, J.; Mateus, M.; (2008). “Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America”. Instituto Superior Técnico Press, ISBN 978-972-8469-74-0, Lisboa, Portugal.

Organización Internacional del Trabajo OIT- (1998). “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo”. Versión española, vol. II, parte IX, cap. 63 “Metales: propiedades químicas y toxicidad”.

Pal S.K.; Wallis S.G.; Arthur S.; (2011).” Assessment of heavy metals emission from traffic on road surfaces”. *Central European Journal Chemistry*, vol. 9, n° 2, pp 314-319.

Pérez D.E.; Perillo G.M.E.; (2002). “Transporte de sedimentos del Arroyo Napostá Grande, Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires”. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, vol. 9, pp 189-199.

Petrobras Energía S.A.; (2008). “Proyecto Ecoenergía”, Estudio de impacto ambiental”.

Piccolo, M.C.; Perillo, G.M.E.; (1990). “Physical characteristics of the Bahía Blanca estuary (Argentina)”. *Estuaries of South America, Environmental Science*, p 195-216.

Piccolo, M.C.; Perillo, G.M.E.; (1997). “Geomorfología e hidrografía de los estuarios”. *El mar argentino y sus recursos pesqueros*, vol.1, p 133-161.

Piccolo, M.C.; Hoffmeyer, M.S.; (2007). “Ecosistema del estuario de Bahía Blanca-Fitoplancton”. *Instituto Argentino de Oceanografía*, p 91-100.

Piccolo, M.C.; Perillo, G.M.E.; Melo, W.D.; (2008). “The Bahía Blanca estuary: an integrated overview of its geomorphology and dynamics”. *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*, IST Press, p 219–229.

Pitt, R.; Lalor, M.; (2000). “The Role of Pollution Prevention in Stormwater Management”, 2000 Conference on Stormwater and Urban Water Systems Modeling (Toronto, Ontario, Canadá).

Poleto C.; Merten G.H.; (2007). “Urban Watershed Studies in Southern Brazil”. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, vol. 1, n°. 2, pp. 70-78.

Popovich, C.A.; Marcovecchio, J.E.; (2008). “Spatial and Temporal Variability of Phytoplankton and Environmental Factors in a Temperate Estuary of South America (Atlantic Coast, Argentina)”. *Continental Shelf Research*, vol. 28, n° 2, p 236-244.

ProUCL version 5.0.00 Technical Guide, (2013). “Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observation”. EPA/600/R-07/041.

Qiao, X.; Schmidt, A.H.; Tang, Y.; Xu, Y.; Zhang, Ch.; (2013). “Demonstrating urban pollution using toxic metals of road dust and roadside soil in Chengdu, southwestern China”. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 28, n° 4, p 911-919.

Roccamo, A.; Cervellini, P.; Piccolo, C.; Barrantes, F.; (2010). “Optimización de una técnica para la detección de patologías virales en *Pleoticus Muelleri* (Bate, 1988) en el estuario de Bahía Blanca, Argentina”. *Geodata*, vol.35, p 40-47.

Routaboul, M.; (2007). “Análisis del sistema litoral de Bahía Blanca (Argentina) en base a los principios de la planificación y gestión integrada de áreas litorales”, *La participación ambiental como herramienta clave para una buena gestión*. Universidad Internacional de Andalucía, Huelva, España. IX Maestría en Gestión y Conservación del Medio Natural ISBN 978-84-694-2199-4.

Rubio, C.; González Weller, D.; Martín-Izquierdo, R.E.; Revert, C.; Rodríguez, I.; Hardisson, A.; (2007). “El zinc: oligoelemento esencial”. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 22, n° 1, p 101-107.

Salmanzadeh, M.; Saeedi, M.; Li, L.Y.; Nabi-Bidhendi, Gh.; (2014). “Characterization and metals fractionation of street dust samples from Tehran, Iran”. *International Journal of Environmental Research*, vol. 9, n° 1, p 213-224.

Sampson Atiemo, M.; Francis Oforu, G.; Kuranchie-Mensah, H.; Osei Tutu, A.; Linda Palm, N.D.M.; Blankson, S.A.; (2011). “Contamination Assessment of Heavy Metals in Road Dust from Selected Roads in Accra, Ghana”. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, vol. 3, n° 5, p 473-480.

Sandberg, J.; (2007). “Corrosion-induced release of zinc and copper in marine environments”. Tesis, Division of Corrosion Science, Department of Materials Science and Engineering, School of Industrial Engineering and Management, Royal Institute of Technology, SE-100 44 Stockholm.

Shinggu D.Y.; Ogugbuaja V.O.; Toma I. and Barminas J.T.; (2010).” Determination of heavy metal pollutants in street dust of Yola, Adamawa State, Nigeria”. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*. vol. 4, n° 1, pp. 017-021.

Spear, P.A.; (1981). “Zinc in the aquatic environment: chemistry, distribution, and toxicology”. National Research Council of Canada Publication NRCC 17589.

Stolzenbach, K.; (2006). “Atmospheric Deposition”. Southern California Environmental Report Card. Southern California Coastal Water Research Project (SCCWRP). UCLA Institute of the Environment and Sustainability.

Timperley, M.; Williamson, B.; Mills, G.; Horne, B.; Hasan, M. Q.; (2005) “Sources and loads of metals in urban Stormwater”. National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd. Auckland, New Zealand.

Tiwari, K.; Pandey, A.; Pandey, J.; (2008).”Atmospheric Deposition of Heavy Metals in a Seasonally Dry Tropical Urban Environment (India). *Journal of Environmental Research and Development*. Vol. 2, n° 4, pp 605-611.

Torok, D.M.; Morales, M.A.; Vermeter, S.J.; Irvine, K.N.; (1995). “The Quantification of Atmospheric Particulate Dry Deposition and Atmosphere Copper Loadings to the Buffalo River Area of Concern”. *Quantification of Atmospheric Particulates, Middle States Geographer*, vol 28, pp 25-33.

Torrero M.P.; Campos A.M.; (2008). “Hidrogeomorfología de la cuenca en el río Sauce Chico, Argentina”. *Revista Geográfica de Valparaíso*, vol. 41, pp 1-13.

Torrero, M.P.;(2010). “Río Sauce Chico: estudio hidrográfico para un desarrollo sustentable”. *Revista Universitaria de Geografía - Departamento de Geografía y Turismo UNS*, vol. 19, n° 1, pp 181-183.

Universidad Nacional del Sur – UNS; (2003). “Hidrodinámica del área contera de Ing. White”. Departamento de Geología, informe final.

Valavanidis, A.; Vlachogianni, T; (2008). “Metal Pollution in Ecosystems Ecotoxicology Studies and Risk Assessment in the Marine Environment”. *Science*

advances on Environment, Toxicology & Ecotoxicology issues. www.chem-tox-ecotox.com.

Vera, R.; Guerrero, F.; Delgado, D.; Araya, R.; (2013). “Atmospheric Corrosion of Galvanized Steel and Precipitation Runoff from Zinc in a Marine Environment”. Journal of the Brazilian Chemical Society, vol. 24, n° 3, p 449-458.

Warren, J.; Nussbaum, B.; (2009). “Analyzing Datasets Containing Semi-quantitative Values”. Office of Environmental Information, EPA.

World Health Organization - WHO; (2001). “Environmental Health Criteria 221 – Zinc”, Genova.

Xiangdong, L.; Chi-sun, P.; Pui, S.L.; (2001). “Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong”. Applied Geochemistry, vol. 16, n° 11–12, p 1361–1368.

Yetimoğlu, E.K.; Ercan, O.; Tosyali, K.; (2007). “Heavy metal contamination in street dusts of Istanbul (Pendik to Levent) E-5 highway”. Annali Di Chimica, vol. 97, n° 3-4, p 227-235.

Zapperi, P.A.; (2014). “Caracterización del escurrimiento urbano en la ciudad de Bahía Blanca”. Revista Universitaria de Geografía, vol. 23, n° 2, p125-150.

Zheng, M.; Guo, Z; Fang, M.; Rahn, K.A.; Kester, D.R. (2005). “Dry and wet deposition of elements in Hong Kong”. Marine Chemistry 97, p124– 139.

SITIOS DE INTERNET CONSULTADOS

Barbara Boyle Torrey. “La urbanización una fuerza ambiental considerable”. <http://www.prb.org>, página consultada enero 2014.

Consortio Parque Industrial de Bahía Blanca. Página web consultada Enero 2016. <http://www.cpibb.com>

Consortio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca, Página web consultada Septiembre 2015. <http://puertobahiablanca.com/normativas>

Chistian, R.; (2009). “El valor de los estuarios saludables”. American Institute of Biological Sciences. <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente>

International Lead and Zinc Study Group (ILZSG). Página web consultada febrero 2016. <http://www.ilzsg.org/static/statistics>.

Environmental Protection Agency (EPA). Página web consultada agosto 2015. <http://www.epa.gov/wqc/natioal-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

International Zinc Association (IZA). Página web consultada febrero 2016.
<http://www.zinc.org/basics>.

NASA Earth Observation (NEO) – Atmosphere – Aerosol Particle Radius. Página web consultada septiembre 2016.

https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MYDAL2_M_AER_RA

Municipalidad de Bahía Blanca – Comité Técnico Ejecutivo. Programa Integral de Monitoreo (PIM 2003-2015). Página web consultada el 01 junio 2015:

http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/informes_medamb.php.

Municipalidad de Bahía Blanca – Medio Ambiente – Comité Técnico Ejecutivo. Página web consultada el 01 junio 2012:

<http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/legislacion.php>.

Municipalidad de Bahía Blanca – Saneamiento Ambiental. Página web consultada el 01 junio 2012:

<http://www.bahiablanca.gov.ar/saneamiento/reserva.php>.

Naciones Unidas – Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) – Agenda 21. Página web consultada el 30 abril 2012:

http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/

Naciones Unidas – Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Página web consultada el 10 mayo 2012:

http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf.

NIH - National Institutes of Health – Office of Dietary Supplements. Página web consultada en febrero 2014.

<http://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/> .

ANEXO A

Concentración de Zn en agua y sedimento en el estuario

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla A.1 Concentración de Zn disuelto ($\mu\text{g/L}$) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado - Saladillo de García	Puerto Cuatrerros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
1997	Los valores determinados en este período llegaron a los 40,00 $\mu\text{g/L}$								
jun-99	55,29	s.d.	s.d.	56,42	n.d.	15,16	25,00	28,03	s.d.
sep-99	73,57	s.d.	s.d.	65,37	1,47	47,35	58,82	2,29	s.d.
dic-99	53,59	s.d.	s.d.	21,33	n.d.	13,54	25,41	n.d.	s.d.
mar-00	33,57	s.d.	s.d.	n.d.	39,50	50,62	n.d.	37,64	s.d.
abr-02	13,29	6,84	0,48	0,37	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
may-02	6,14	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
jun-02	10,73	4,18	1,44	0,84	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
jul-02	18,76	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
ago-02	7,15	1,52	6,42	< 0,01	< 0,01	0,63	< 0,01	< 0,01	s.d.
sep-02	< 0,01	2,00	4,96	3,46	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
oct-02	1,55	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
nov-02	13,76	4,45	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9,96	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 (cont.) Concentración de Zn disuelto ($\mu\text{g/L}$) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
dic-02	5,78	4,69	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2,36	< 0,01	1,45	s.d.
ene-03	8,53	< 0,01	3,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
feb-03	< 0,01	< 0,01	0,98	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
mar-03	5,10	< 0,01	3,38	< 0,01	< 0,01	0,90	< 0,01	< 0,01	s.d.
abr-05	< 0,01	s.d.	4,80	< 0,01	3,33	4,30	s.d.	7,76	s.d.
may-05	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	5,46	< 0,01	s.d.	< 0,01	s.d.
jul-05	1,78	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.	< 0,01	s.d.
sep-05	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	13,97	< 0,01	s.d.	2,22	s.d.
nov-05	< 0,01	s.d.	3,54	1,86	< 0,01	< 0,01	s.d.	< 0,01	s.d.
dic-05	20,78	s.d.	29,97	8,06	14,75	< 0,01	s.d.	< 0,01	s.d.
oct-06	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	71,31	< 0,01	< 0,01	s.d.
dic-06	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	12,64	15,78	< 0,01	< 0,01	s.d.
feb-07	21,53	s.d.	47,56	13,39	8,31	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 (cont.) Concentración de Zn disuelto ($\mu\text{g/L}$) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
abr-07	<0,01	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.
jun-07	<0,01	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.
ago-07	<0,01	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	2,01	<0,01	<0,01	s.d.
oct-07	11,53	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.
dic-07	<0,01	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.
feb-08	8,53	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,68	s.d.
ago-08	5,58	s.d.	6,86	3,13	7,49	9,14	<0,01	<0,01	s.d.
oct-08	5,58	s.d.	6,86	3,13	7,49	s.d.	<0,01	<0,01	s.d.
dic-08	25,38	s.d.	19,42	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.
ene-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	<0,01
feb-09	6,17	s.d.	<0,01	<0,01	<0,01	s.d.	<0,01	<0,01	s.d.
mar-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	<0,01
abr-09	20,94	s.d.	14,45	7,25	2,50	<0,01	5,92	8,94	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 (cont.) Concentración de Zn disuelto ($\mu\text{g/L}$) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
may-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	157,14
jun-09	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	8,08	< 0,01	< 0,01
jul-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	< 0,01
ago-09	21,45	s.d.	2,20	< 0,01	1,71	< 0,01	150,44	1,97	< 0,01
sep-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	16,02
oct-09	23,90	s.d.	35,49	12,27	5,39	< 0,01	< 0,01	< 0,01	3,84
nov-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	< 0,01
ene-10	29,93	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	4,39	< 0,01	< 0,01	7,44
mar-10	12,81	s.d.	15,25	< 0,01	17,88	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1,99
abr-10	2,44	s.d.	< 0,01	2,33	6,06	4,97	6,19	< 0,01	< 0,01
jun-10	47,98	s.d.	24,82	42,73	6,19	10,84	1,48	197,44	s.d.
ago-10	< 0,01	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	s.d.
oct-10	13,30	s.d.	8,89	2,22	4,45	< 0,01	15,56	< 0,01	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.1 (cont.) Concentración de Zn disuelto ($\mu\text{g/L}$) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca.

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
feb-11	29,02	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	6,40	< 0,01	7,03
abr-11	5,21	s.d.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	11,49
jun-11	15,64	s.d.	12,57	12,71	4,48	7,71	4,93	< 0,01	9,74
mar-12	39,00	s.d.	0,69	0,60	6,22	0,68	0,58	s.d.	s.d.
jun-12	0,87	s.d.	2,59	0,58	0,38	1,83	0,73	s.d.	s.d.
sep-12	66,80	s.d.	54,10	3,40	6,80	1,50	32,80	s.d.	s.d.
dic-12	1,60	s.d.	1,70	0,71	0,78	3,20	3,60	s.d.	s.d.
abr-13	s.d.	s.d.	2,40	2,10	1,45	3,20	s.d.	s.d.	s.d.
jun-13	s.d.	s.d.	1,77	1,51	1,92	1,62	s.d.	s.d.	s.d.
ago-13	s.d.	s.d.	19,88	n.d.	s.d.	n.d.	n.d.	n.d.	54,68
nov-13	s.d.	s.d.	n.d.	20,80	s.d.	12,54	n.d.	49,54	52,97
feb-14	s.d.	s.d.	n.d.	31,80	s.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
may-14	s.d.	s.d.	n.d.	n.d.	s.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
nov-14	s.d.	s.d.	0,81	3,20	2,00	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Fuente: Elaboración propia en base: PIM (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014), IADO (1997 y 2000).

Tabla A.2 Concentración de Zn en sedimentos (µg/g) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
1997	Los valores determinados en este período llegaron a niveles próximos a los 100,00 µg/g								
jun-99	33,06	s.d.	s.d.	87,82	116,96	101,31	123,38	122,23	s.d.
sep-99	30,73	s.d.	s.d.	72,31	44,35	85,14	73,86	27,80	s.d.
dic-99	230,82	s.d.	s.d.	564,51	661,48	706,80	439,34	172,00	s.d.
mar-00	421,97	s.d.	s.d.	575,26	673,16	689,18	543,80	265,55	s.d.
may-02	14,43	27,33	33,86	31,20	37,37	51,11	38,23	34,47	s.d.
jul-02	28,51	55,42	57,71	56,75	60,60	64,39	57,31	53,59	s.d.
sep-02	47,74	52,53	56,10	50,09	67,07	58,29	47,59	49,20	s.d.
nov-02	53,85	48,13	56,94	51,93	60,72	49,23	54,71	41,93	s.d.
ene-03	44,22	62,04	54,05	51,22	61,81	59,88	55,66	48,69	s.d.
mar-03	49,33	51,62	48,90	38,58	55,51	50,92	40,75	14,17	s.d.
abr-05	50,67	s.d.	59,79	55,47	63,82	56,79	s.d.	53,56	s.d.
may-05	57,03	s.d.	61,66	66,21	65,21	45,55	s.d.	61,61	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.2 (cont.) Concentración de Zn en sedimentos (µg/g) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
jul-05	16,62	s.d.	33,05	38,76	42,96	42,26	s.d.	42,31	s.d.
sep-05	22,55	s.d.	40,78	37,93	41,17	48,22	s.d.	45,56	s.d.
nov-05	19,60	s.d.	30,71	29,50	31,30	28,86	s.d.	28,67	s.d.
dic-05	43,73	s.d.	55,45	46,36	51,36	50,57	s.d.	39,29	s.d.
oct-06	42,84	s.d.	65,18	51,09	74,43	79,37	95,00	91,15	s.d.
dic-06	98,48	s.d.	88,59	79,06	64,30	63,33	50,83	85,97	s.d.
feb-07	24,71	s.d.	51,36	33,92	49,36	52,42	42,50	46,03	s.d.
abr-07	16,05	s.d.	48,97	36,00	48,49	44,38	43,33	16,76	s.d.
jun-07	39,50	s.d.	56,55	57,19	50,74	55,80	50,00	59,07	s.d.
ago-07	63,88	s.d.	52,02	53,23	61,93	61,72	55,00	53,82	s.d.
oct-07	66,93	s.d.	61,55	56,02	63,90	59,39	56,65	60,34	s.d.
dic-07	56,64	s.d.	57,08	58,03	58,14	55,80	53,33	56,63	s.d.
feb-08	41,92	s.d.	60,34	46,86	44,25	51,14	40,00	39,02	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.2 (cont.) Concentración de Zn en sedimentos (µg/g) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
ago-08	25,85	s.d.	41,03	40,60	42,31	37,74	33,33	38,64	s.d.
oct-08	21,36	s.d.	43,94	36,10	42,71	40,00	30,83	42,95	s.d.
dic-08	35,59	s.d.	47,74	47,18	55,40	40,88	43,33	44,81	s.d.
ene-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	45,22
feb-09	49,52	s.d.	44,23	11,24	47,28	s.d.	48,41	45,26	s.d.
mar-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	45,20
abr-09	22,97	s.d.	38,81	46,02	48,10	44,09	46,38	42,42	s.d.
may-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	52,54
jun-09	64,99	s.d.	64,99	55,29	51,52	48,68	44,01	56,68	49,51
jul-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	60,82
ago-09	47,14	s.d.	62,83	44,60	56,44	53,99	48,82	54,29	67,53
sep-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	50,22
oct-09	28,08	s.d.	44,13	45,50	45,27	46,58	42,97	42,59	51,02

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.2 (cont.) Concentración de Zn en sedimentos (µg/g) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
Sur	38° 52' 34.5 "	38° 51' 32.3 "	38° 50' 29.4 "	38° 47' 54.1 "	38° 47' 22.7 "	38° 46' 12.0 "	38° 45' 54.1 "	38° 45' 01.7 "	38° 44' 50.7 "
Oeste	62° 10' 59.2 "	62° 12' 05.2 "	62° 12' 14.0 "	62° 15' 48.6 "	62° 18' 00.2 "	62° 20' 29.4 "	62° 20' 25.2 "	62° 23' 02.9 "	62° 19' 54.7 "
dic-09	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	41,35
ene-10	40,68	s.d.	49,66	56,22	46,61	46,44	40,49	44,12	42,14
mar-10	34,72	s.d.	34,63	34,15	42,84	38,27	33,21	33,88	43,33
abr-10	34,56	s.d.	44,57	35,17	36,17	38,44	30,27	31,26	35,75
jun-10	39,05	s.d.	41,42	43,49	43,03	32,20	24,31	23,07	27,79
ago-10	22,80	s.d.	24,60	21,00	25,20	22,20	19,20	22,20	s.d.
oct-10	20,40	s.d.	39,60	38,04	36,00	37,80	30,00	33,60	s.d.
feb-11	32,88	s.d.	37,55	33,72	39,59	43,29	35,38	35,73	42,28
abr-11	35,53	s.d.	40,49	32,15	46,29	38,36	41,14	40,19	39,11
jun-11	34,47	s.d.	45,58	55,30	50,50	41,38	42,59	48,31	40,74
mar-12	20,90	s.d.	29,80	52,40	63,60	55,80	18,20	s.d.	s.d.
jun-12	18,80	s.d.	14,50	48,40	40,20	66,10	135,60	s.d.	s.d.
sep-12	27,80	s.d.	35,80	46,50	41,80	46,30	23,90	s.d.	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Continúa en la siguiente página

Tabla A.2 (cont.) Concentración de Zn en sedimentos (µg/g) en las diferentes estaciones del estuario de Bahía Blanca

Ubicación	Prox. Boya 24	Prox. Boya 28	Prox. Desagüe Cloacal (Canal de la Ballena)	Prox. Boya 32 (Ing White)	Prox. Pto Galván (Posta de Inflamables)	Descarga Polo Petroquímico	Desagüe Maldonado Saladillo de García	Puerto Cuatros	Prox 3ra Cuenca
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Sur	38° 52' 34,5 "	38° 51' 32,3 "	38° 50' 29,4 "	38° 47' 54,1 "	38° 47' 22,7 "	38° 46' 12,0 "	38° 45' 54,1 "	38° 45' 01,7 "	38° 44' 50,7 "
Oeste	62° 10' 59,2 "	62° 12' 05,2 "	62° 12' 14,0 "	62° 15' 48,6 "	62° 18' 00,2 "	62° 20' 29,4 "	62° 20' 25,2 "	62° 23' 02,9 "	62° 19' 54,7 "
dic-12	21,40	s.d.	15,60	26,50	25,10	26,00	23,60	s.d.	s.d.
abr-13	s.d.	s.d.	22,40	24,60	26,60	25,90	s.d.	s.d.	s.d.
jun-13	s.d.	s.d.	11,50	25,20	21,90	20,70	s.d.	s.d.	s.d.
ago-13	s.d.	s.d.	39,59	53,00	s.d.	58,86	36,44	81,56	77,26
nov-13	s.d.	s.d.	41,11	34,40	s.d.	36,42	35,39	36,41	37,05
feb-14	s.d.	s.d.	42,08	33,52	s.d.	42,06	39,82	41,33	42,36
may-14	s.d.	s.d.	30,54	24,71	s.d.	34,12	27,24	33,51	28,78
nov-14	s.d.	s.d.	17,90	18,80	29,40	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.

Referencia: n.d. (no detectable), s.d. (sin dato)

Fuente: Elaboración propia en base: PIM (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014), IADO (1997 y 2000).

ANEXO B

Concentración de Zn en las descargas industriales y cloacales

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla B.2
 Planta HDPE

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
30/11/2001		0,02	27/02/2008		< 0,04
20/02/2002		< 0,04	26/03/2008		0,04
22/03/2002		< 0,04	21/04/2008		< 0,04
23/04/2002		< 0,04	20/03/2009		< 0,02
04/06/2002		< 0,04	03/07/2009		0,02
24/07/2002		0,09	26/10/2009	389,0	0,02
18/09/2002		< 0,04	19/02/2010	12,4	0,11
13/11/2002		< 0,04	07/05/2010	6,6	0,2
06/01/2003		0,09	27/09/2010	4,5	< 0,04
11/03/2003	70,0	< 0,04	19/11/2010	0,2	< 0,04
23/05/2003	80,0	0,24	10/12/2010	72,0	< 0,04
27/08/2003	4,5	0,05	28/03/2011	0,8	0,06
18/12/2003	12,0	< 0,04	11/05/2011	5,5	< 0,04
03/03/2004		< 0,04	01/07/2011	0,6	0,10
11/05/2004		< 0,04	31/10/2011	75,0	< 0,04
01/03/2005		0,09	28/03/2012	0,1	< 0,04
11/07/2005		0,05	09/05/2012	5,0	< 0,04
20/06/2006		0,06	13/11/2012	61,0	< 0,04
31/07/2006		< 0,04	11/12/2012	0,1	< 0,04
27/09/2006		< 0,04	26/03/2013	4,5	< 0,04
02/11/2006		0,05	30/04/2013	91,2	0,07
30/01/2007		0,04	18/06/2013	9,2	0,07
20/08/2007		0,14	10/07/2013	5,5	< 0,04
03/09/2007		0,05	29/10/2013	70,0	0,09
19/09/2007		< 0,04	11/12/2013	14,0	0,05
04/10/2007		0,08	07/01/2014	1,6	0,05
25/10/2007		0,13	03/04/2014	3,0	0,06
30/10/2007	60,0	0,29	17/09/2014	16,1	< 0,04
28/12/2007	1,0	0,14	22/12/2014	2,9	
11/01/2008		0,07			

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.1
 Planta EPE

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
20/02/2002		< 0,04	04/10/2007	3,0	0,07
22/03/2002		0,05	25/10/2007	9,0	0,08
23/04/2002		0,09	30/10/2007	2,0	0,09
04/06/2002		0,05	29/11/2007	10,0	< 0,04
24/07/2002		0,11	28/12/2007	7,0	0,04
18/09/2002		0,89	27/02/2008		0,04
13/11/2002		0,09	21/04/2008		0,05
06/01/2003		0,06	05/05/2008		0,01
11/03/2003	1,6	0,11	20/06/2008		0,08
23/05/2003	2,2	< 0,04	12/08/2008		< 0,04
27/08/2003	4,5	0,11	22/09/2008		< 0,04
18/12/2003	9,0	0,05	05/11/2008		0,03
03/03/2004	6,5	0,19	29/01/2009		0,02
11/05/2004	6,6	0,11	03/07/2009	4,5	0,11
01/03/2005	25,0	< 0,04	19/02/2010	12,4	0,2
11/07/2005		0,08	14/06/2011	4,5	< 0,04
18/10/2005	7,0		13/11/2012	6,6	< 0,04
17/04/2006	16,0		15/01/2013	12,4	< 0,04
31/07/2006	15,0	< 0,04	21/02/2013	12,4	< 0,04
27/09/2006	25,0	< 0,04	26/03/2013	5,5	< 0,04
02/11/2006	25,0	0,04	26/11/2013	16,0	< 0,04
30/01/2007		0,08	07/01/2014	25,4	0,06
11/07/2007	35,0	0,05	03/04/2014	6,0	< 0,04
20/08/2007		< 0,04	17/09/2014	21,0	< 0,04
03/09/2007	9,0	0,08	22/12/2014	2,9	
19/09/2007	12,0	0,07			

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.3
Planta LDPE

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
02/01/2002		0,1	25/10/2007	25,0	0,09
20/02/2002		0,14	22/11/2007		0,09
22/03/2002		< 0,04	28/12/2007		0,04
23/04/2002		0,09	11/01/2008		0,08
04/06/2002		< 0,04	21/04/2008		< 0,04
24/07/2002		0,09	05/05/2008		0,03
18/09/2002		0,17	15/07/2008		< 0,04
13/11/2002		0,05	12/08/2008		0,08
06/01/2003		< 0,04	05/11/2008		0,04
11/03/2003		0,04	29/01/2009		0,03
23/05/2003		0,09	20/03/2009		0,01
27/08/2003		0,08	03/07/2009		0,11
18/12/2003		0,08	26/10/2009	0,2	< 0,01
03/03/2004		< 0,04	19/11/2010	0,2	< 0,04
11/05/2004		0,08	14/06/2011	14,7	0,04
01/03/2005		< 0,04	03/08/2011	23,0	0,04
11/07/2005		< 0,04	09/05/2012	0,3	< 0,04
20/06/2006		< 0,04	05/09/2012	0,2	< 0,04
31/07/2006		< 0,04	13/11/2012	144,0	< 0,04
27/09/2006		< 0,04	15/01/2013	2,6	0,07
02/11/2006		0,07	26/11/2013	0,2	< 0,04
30/01/2007		< 0,04	07/01/2014	0,2	0,09
20/08/2007		0,08	17/09/2014	170,6	0,04
19/09/2007		0,05	22/12/2014	74,9	

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.5
 Planta LHC-2

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
02/01/2002		0,09	20/08/2007		<0,04	17/05/2010	18,9	<0,04	13/11/2012	19,0	<0,04
20/02/2002		0,07	03/09/2007	54,0	0,04	09/06/2010	369,5	0,04	05/12/2012	16,5	0,4
22/03/2002		<0,04	19/09/2007	52,0	0,05	02/07/2010	19,0	<0,04	15/01/2013	3,0	0,06
23/04/2002		<0,04	04/10/2007	54,0	0,18	27/09/2010	6,0	<0,04	21/02/2013	6,7	<0,04
04/06/2002		<0,04	25/10/2007		0,08	10/11/2010	9,0	0,06	26/03/2013	6,7	0,05
24/07/2002		<0,04	30/10/2007		0,64	03/12/2010	12,0	<0,04	30/04/2013	26,4	<0,04
18/09/2002		<0,04	22/11/2007	74,0	<0,04	31/01/2011	6,0	<0,04	22/05/2013	20,0	0,07
13/11/2002		0,05	29/11/2007	5,0	<0,04	16/02/2011	6,7	<0,04	18/06/2013	56,0	<0,04
06/01/2003	9,5	<0,04	28/12/2007	74,0	0,04	16/03/2011	3,3	0,05	10/07/2013	98,0	<0,04
11/03/2003	7,0	<0,04	11/01/2008		0,05	06/05/2011	6,7	0,05	21/08/2013	98,4	<0,04
23/05/2003	25,3	<0,04	27/02/2008		<0,04	01/07/2011	6,7	0,11	10/09/2013	74,9	<0,04
27/08/2003		0,06	26/03/2008		<0,04	13/07/2011	18,9	<0,04	29/10/2013	26,0	<0,04
18/12/2003		<0,04	05/05/2008		0,02	25/08/2011	6,7	<0,04	26/11/2013	3,5	<0,04
03/03/2004		<0,04	20/06/2008		0,17	14/09/2011	6,7	<0,04	11/12/2013	3,0	<0,04
11/05/2004	7,0	<0,04	12/08/2008		0,19	11/10/2011	34,8	<0,04	07/01/2014	18,9	0,06
01/03/2005		0,04	22/09/2008		0,13	13/12/2011	12,5	0,08	18/02/2014	26,0	0,29
11/07/2005		0,09	29/01/2009		0,03	19/01/2012	26,5	<0,04	19/03/2014	25,0	
18/10/2005	70,0		20/03/2009		0,01	17/02/2012	6,7	<0,04	03/04/2014	34,8	<0,04
17/04/2006	74,0		03/07/2009	7,7	0,03	28/03/2012	18,9	<0,04	08/05/2014	53,5	0,13
20/06/2006	50,0	<0,04	20/07/2009	6,7	0,03	12/04/2012	26,5	<0,04	10/06/2014	12,3	<0,04
31/07/2006	6,0	<0,04	07/09/2009	65,0		06/06/2012	6,7	0,09	10/07/2014	34,8	0,11
27/09/2006		<0,04	18/12/2009	74,8	0,19	18/07/2012	34,8	<0,04	27/08/2014	34,8	0,07
02/11/2006		0,05	05/02/2010	6,0	0,05	15/08/2012	6,7	<0,04	17/09/2014	6,7	0,08
30/01/2007		<0,04	03/03/2010		<0,04	11/09/2012	124,0	<0,04	02/12/2014	64,0	
11/07/2007		0,04	30/04/2010	11,0	0,05	10/10/2012	26,5	<0,04	22/12/2014	6,9	
07/08/2007		<0,04									

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.6
 Planta Petrobras

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
25/10/2001	150,0	< 0,5	09/03/2007	20,0	0,5	21/08/2009	40,0	< 0,04	30/08/2012	8,0	< 0,04
06/02/2002	45,0	0,44	12/07/2007	15,0	0,04	18/09/2009	28,0	0,05	19/09/2012	39,0	0,12
20/03/2002	21,0	< 0,04	30/07/2007	15,0	< 0,04	28/10/2009	43,0	0,05	30/10/2012	50,0	< 0,04
22/05/2002	35,0	< 0,04	13/08/2007		< 0,04	26/01/2010	48,0	< 0,04	28/11/2012	16,0	< 0,04
17/07/2002	35,0	0,2	28/08/2007	20,0	< 0,04	17/02/2010	22,0	0,06	11/12/2012	28,0	< 0,04
27/09/2002		0,02	06/09/2007	15,0	< 0,04	22/03/2010	33,0	0,04	08/01/2013	47,0	< 0,04
08/11/2002		< 0,04	17/09/2007		0,04	09/04/2010	29,0	< 0,04	26/02/2013	35,0	
12/02/2003	18,0	0,07	01/10/2007		0,32	30/06/2010	23,0	0,16	06/03/2013	0,5	< 0,04
08/04/2003	18,0	< 0,04	18/10/2007	15,0	0,09	23/07/2010	19,0	< 0,04	21/03/2013	23,0	< 0,04
22/05/2003	28,0	0,04	05/11/2007	20,0	< 0,02	20/08/2010	46,0	< 0,04	26/03/2013	72,0	0,03
18/07/2003	21,0	< 0,04	30/11/2007	15,0	0,08	08/09/2010	35,0	< 0,04	24/04/2013	20,0	< 0,04
19/11/2003	50,0	0,07	13/12/2007		< 0,04	29/11/2010	47,0	< 0,04	07/05/2013	34,0	< 0,04
21/01/2004	50,0	< 0,04	17/12/2007		0,06	27/12/2010	47,0	0,06	05/06/2013	36,0	
20/04/2004	30,0	< 0,04	03/01/2008	22,5	< 0,02	14/01/2011	60,0	< 0,04	26/06/2013	31,6	< 0,04
22/06/2004	51,0	< 0,04	18/02/2008		< 0,02	04/02/2011	36,0		14/08/2013	36,0	< 0,04
13/08/2004	1,5	< 0,04	10/03/2008		< 0,02	16/02/2011	33,0	< 0,04	26/09/2013	25,0	< 0,04
18/08/2004		< 0,04	28/03/2008	26,0	< 0,02	22/03/2011	41,0	0,04	15/10/2013	20,0	< 0,04
01/11/2004		< 0,04	28/04/2008	16,0	0,02	27/04/2011	31,0	< 0,04	11/11/2013	28,0	< 0,04
26/11/2004	4,5	< 0,04	09/05/2008	22,0	< 0,02	01/06/2011	50,0	< 0,04	03/12/2013	27,0	0,29
09/02/2005	35,0	0,25	15/05/2008		0,04	04/07/2011	32,0	< 0,04	08/01/2014	18,4	0,09
03/05/2005	20,0	< 0,04	07/07/2008		0,06	26/08/2011	44,0	< 0,04	26/02/2014	29,0	< 0,04
01/06/2005	30,0	< 0,04	25/07/2008	29,5	0,05	27/09/2011	19,0	< 0,04	19/03/2014	15,0	
12/08/2005	20,0	0,04	06/10/2008	22,5		18/10/2011	40,0	< 0,04	29/04/2014	45,0	0,05
17/10/2005	15,0	0,04	29/10/2008	63,5		11/11/2011	37,0	< 0,04	27/05/2014	48,0	< 0,04
14/12/2005	15,0	< 0,04	19/11/2008	30,5	0,05	21/12/2011	35,0	< 0,04	17/06/2014	40,0	< 0,04
25/01/2006	3,0	< 0,04	09/03/2009	80,0	0,06	12/01/2012	9,0	0,17	07/07/2014	38,0	< 0,04
15/03/2006	20,0	< 0,04	13/03/2009	39,0	0,08	08/03/2012	55,0	0,05	27/08/2014	31,0	< 0,04
28/06/2006	20,0	0,51	13/05/2009	30,0	< 0,04	01/05/2012	28,0	0,28	30/09/2014	32,0	< 0,04
01/08/2006	28,0	< 0,04	02/06/2009	47,0	0,05	30/05/2012	51,0	< 0,04	30/10/2014	52,0	0,06
05/09/2006	35,0	< 0,04	19/06/2009	14,0	0,07	27/06/2012	38,6	< 0,04	18/11/2014	52,0	
10/11/2006	30,0	0,04	31/07/2009	37,0	0,04	18/07/2012	40,0	< 0,04	09/12/2014	19,0	
15/12/2006	9,0	0,07									

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al. (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.7
 Planta TGS

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [mg/L]									
25/04/2002	0,8	< 0,04	23/08/2007		0,05	09/04/2010	12,4	0,2	30/10/2012	2,9	< 0,04
25/06/2002	20,0	< 0,04	03/09/2007		< 0,04	30/06/2010	2,9	< 0,04	28/11/2012	2,4	< 0,04
14/08/2002	11,0	0,04	18/09/2007		0,79	23/07/2010	1,3	< 0,04	11/12/2012	2,9	< 0,04
09/10/2002	7,0	< 0,04	09/10/2007		0,09	20/08/2010	1,8	< 0,04	08/01/2013	1,6	< 0,04
18/11/2002	8,1	< 0,04	17/10/2007	6,2	< 0,04	20/10/2010	0,9	< 0,04	26/02/2013	2,9	< 0,04
07/01/2003	9,0	< 0,04	24/10/2007		< 0,02	29/11/2010	0,3	< 0,04	06/03/2013	4,5	< 0,04
11/03/2003	1,6	< 0,04	29/10/2007		< 0,02	27/12/2010	1,6	< 0,04	29/05/2013	25,4	
09/05/2003	6,5	0,04	12/12/2007	6,2	0,04	14/01/2011	2,0	0,04	26/06/2013	20,5	
12/06/2003	16,0	< 0,04	06/02/2008		0,06	10/02/2011	0,0	< 0,04	14/08/2013	16,1	0,06
05/08/2003	12,0	0,16	08/04/2008	10,5	< 0,04	22/03/2011	2,0	0,04	18/09/2013	16,0	0,11
17/11/2003	4,5	< 0,04	25/04/2008	26,0	< 0,04	01/06/2011	2,2	< 0,04	15/10/2013	9,2	0,08
20/01/2004	1,6	< 0,04	03/06/2008	11,5	< 0,04	04/07/2011	2,2	< 0,04	18/12/2013	27,0	0,14
05/05/2004	5,0	< 0,04	03/07/2008	15,1	< 0,04	26/08/2011	1,6	0,05	09/01/2014	22,0	0,1
19/08/2004	3,0	< 0,04	26/08/2008		< 0,04	27/09/2011	0,4	< 0,04	25/03/2014	20,4	0,07
30/11/2004		< 0,04	20/10/2008		0,05	18/10/2011	2,0	< 0,04	15/04/2014	31,1	0,07
18/02/2005	3,0	< 0,04	19/11/2008		0,02	11/11/2011	2,0	< 0,04	13/05/2014	0,3	0,06
05/05/2005	1,0	0,04	19/01/2009	4,2	0,18	21/12/2011	1,6	< 0,04	17/06/2014	25,0	0,07
30/08/2005	12,0	0,04	06/02/2009	9,2	0,04	18/01/2012	1,6	< 0,04	07/07/2014	31,8	0,06
17/10/2005	9,0	0,13	13/03/2009	2,7	< 0,02	08/03/2012	2,9	0,08	27/08/2014	8,3	0,04
22/03/2006	3,0	< 0,04	29/06/2009	6,6	0,03	01/05/2012	1,6	0,11	30/09/2014	37,4	0,09
10/05/2006	1,0	0,04	24/07/2009	9,2	0,04	30/05/2012	1,6	< 0,04	30/10/2014	25,4	0,06
01/08/2006	9,0	< 0,04	21/10/2009	28,0	< 0,04	27/06/2012	1,6	< 0,04	19/11/2014	6,6	
13/09/2006	7,0	< 0,04	20/11/2009	28,0	< 0,04	18/07/2012	2,0	< 0,04	09/12/2014	30,0	
01/11/2006	6,0	0,04	17/02/2010	1,6	0,15	30/08/2012	1,6				
07/12/2006	4,5	0,04	22/03/2010		0,06	19/09/2012	3,0	< 0,04			

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.8
 Planta Cargill

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [mg/L]
23/10/2012	63,5	
29/11/2012	45,0	
18/12/2012	27,0	
15/01/2013	61,0	
08/02/2013	25,0	
18/03/2013	56,0	
24/04/2013	68,0	
29/05/2013	12,0	
27/06/2013	24,0	
31/07/2013	13,0	
17/09/2013	15,0	
23/10/2013	67,9	
20/11/2013	40,6	
10/12/2013	99,0	
08/01/2014	18,5	0,07
12/03/2014	57,4	
08/05/2014	52,0	
25/06/2014	27,0	
29/07/2014	6,3	
21/08/2014	18,0	
02/09/2014	365,0	
14/10/2014	74,0	
12/11/2014	39,1	
02/12/2014	39,0	

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [mg/L]
26/07/2009	45,0	
10/08/2009	54,6	<0,04
28/08/2009	5,3	
23/10/2009	13,0	<0,04
20/11/2009	16,0	
07/12/2009	11,5	0,2
26/01/2010	18,0	0,11
11/02/2010	17,0	<0,04
12/03/2010	12,4	
04/04/2010	22,0	
16/04/2010	42,5	<0,04
12/05/2010	99,0	<0,04
03/06/2010	27,0	0,12
06/08/2010	28,0	0,36
27/08/2010	35,1	<0,04
20/09/2010	97,0	
02/11/2010	71,0	
17/12/2010	48,0	
19/01/2011	36,3	<0,04
02/02/2011	26,0	<0,04
10/03/2011	32,0	<0,04
07/04/2011	42,0	<0,04
27/06/2011	44,0	
13/07/2011	28,5	
16/08/2011	21,6	<0,04
23/11/2011	39,0	
09/08/2012	25,0	

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [mg/L]
14/12/2006	5,8	
04/01/2007	9,6	
12/07/2007	11,3	
25/07/2007	39,0	
13/08/2007	14,0	
23/08/2007	18,0	
12/09/2007	12,0	
19/10/2007	13,0	
26/11/2007	75,0	
24/01/2008	24,6	
10/04/2008	44,0	
08/05/2008	40,0	
26/06/2008	41,5	
02/09/2008	12,0	
18/09/2008	27,1	
15/10/2008	10,0	
12/01/2009	7,0	
18/02/2009		0,44
06/03/2009	17,0	0,05
28/03/2009	9,3	<0,04
06/04/2009	14,5	
23/04/2009	20,0	0,06
22/05/2009	69,6	
30/05/2009	26,2	0,07
06/06/2009	99,0	0,09
26/06/2009	32,9	
07/07/2009	5,6	

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [mg/L]
16/11/2001	12,1	
19/02/2002	15,5	
25/03/2002	20,0	
21/05/2002	27,1	
21/06/2002	21,5	
22/08/2002	38,0	
16/10/2002	46,0	
18/02/2003	55,0	
28/04/2003	90,0	
06/06/2003	51,0	
04/08/2003	27,0	
21/10/2003	87,0	
26/11/2003	66,6	
04/02/2004	84,5	
29/04/2004	13,7	
08/06/2004	50,0	
30/08/2004	74,0	
25/11/2004	65,0	
08/02/2005	7,5	
20/05/2005	47,0	
07/10/2005	39,0	
12/12/2005	31,0	
21/04/2006	7,0	
28/06/2006	37,0	
25/07/2006	19,8	
04/09/2006	11,8	
09/11/2006	6,5	

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.9
 Planta MEGA

Fecha	Caudal [m3/h]	Zn [ng/L]									
27/12/2001		< 0,04	10/11/2006		0,04	05/02/2010	6,0	0,12	25/09/2012	30,2	< 0,04
18/03/2002		< 0,04	03/04/2007		0,02	23/02/2010	9,3	0,12	29/11/2012	0,7	0,09
15/04/2002		< 0,04	21/06/2007		0,07	16/03/2010	3,8	0,04	19/12/2012	35,1	< 0,04
25/06/2002		< 0,04	24/07/2007		0,04	19/04/2010	0,2	0,05	08/01/2013	30,2	0,46
08/08/2002		0,04	17/08/2007		< 0,04	30/05/2010	0,2	0,09	28/02/2013	40,5	0,04
02/10/2002		< 0,04	27/08/2007		< 0,04	25/06/2010	1,7	0,13	21/03/2013	5,3	< 0,04
29/01/2003		0,04	04/09/2007		< 0,04	07/07/2010	0,2	< 0,04	17/04/2013	0,2	0,08
25/03/2003		< 0,04	25/09/2007		0,04	11/08/2010	40,5	0,08	29/05/2013	9,2	
09/05/2003		< 0,04	08/10/2007		0,08	03/09/2010	35,0	0,07	04/07/2013	40,5	< 0,04
10/06/2003		< 0,04	23/10/2007		< 0,04	18/10/2010	0,2	0,1	07/08/2013	0,2	< 0,04
05/08/2003		0,08	19/11/2007		< 0,04	24/11/2010	30,2	0,04	04/09/2013	1,7	< 0,04
31/10/2003		< 0,04	04/12/2007		< 0,04	13/12/2010	4,0	0,04	10/10/2013	35,1	0,04
15/01/2004		< 0,04	10/01/2008		< 0,04	14/01/2011	35,0	0,15	12/11/2013	0,1	0,09
14/04/2004		< 0,04	26/02/2008		0,06	10/02/2011	5,0	< 0,04	10/12/2013		0,09
10/05/2004		< 0,04	17/03/2008		0,05	01/04/2011	32,0	0,08	08/01/2014		0,06
29/06/2004		< 0,04	14/04/2008		< 0,04	27/04/2011	0,3	< 0,04	26/02/2014	35,0	0,06
25/08/2004		< 0,04	14/05/2008		< 0,04	10/06/2011	11,8	< 0,04	19/03/2014	30,0	
30/11/2004		0,05	04/06/2008		< 0,04	06/07/2011	30,2	< 0,04	29/04/2014	0,5	0,08
09/02/2005		0,04	07/07/2008		< 0,04	30/08/2011	0,5	< 0,04	27/05/2014	35,0	0,06
29/04/2005		0,07	25/11/2008		0,25	30/09/2011	30,2	< 0,04	17/06/2014	18,0	0,13
28/07/2005		0,04	16/01/2009		< 0,02	25/10/2011	25,6	0,06	07/07/2014	30,2	0,09
06/10/2005		0,04	02/02/2009		0,02	02/12/2011	25,0	0,07	06/08/2014	0,2	0,07
06/02/2006		< 0,04	15/04/2009		0,02	13/12/2011	0,9	< 0,04	02/09/2014	52,2	0,23
02/03/2006		< 0,04	09/06/2009		0,04	12/01/2012		0,07	14/10/2014	0,7	0,09
07/04/2006		0,13	14/07/2009		0,05	09/02/2012	0,1	< 0,04	12/11/2014	1,6	
11/05/2006		1,09	28/08/2009		< 0,02	22/03/2012	32,5	< 0,04	03/12/2014	0,2	
27/06/2006		< 0,04	09/10/2009		0,02	14/04/2012	25,7	< 0,04			
31/07/2006		< 0,04	04/12/2009		5,3	04/07/2012	25,6	< 0,04			
18/09/2006		0,08	18/01/2010		1,7	29/08/2012	30,2	< 0,04			

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.10
 Planta Profertilil

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]	Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
05/10/2001	<0,5		16/10/2009	550,0	0,11	30/07/2007	53,0	0,08
07/02/2002	323,0	0,5	02/12/2009	320,0	0,27	23/08/2007	130,0	0,29
03/04/2002	152,0	0,25	22/01/2010	410,0	0,15	28/08/2007	180,0	0,41
10/06/2002	105,0	0,59	11/02/2010	580,0	0,11	07/09/2007	220,0	0,18
26/08/2002	85,0	0,5	04/04/2010	500,0		25/09/2007	112,0	0,34
02/12/2002	180,0	0,48	16/04/2010	450,0	0,04	10/10/2007	236,0	0,36
26/02/2003	115,0	0,32	12/05/2010	270,0	0,15	24/10/2007		0,12
09/04/2003	176,0	0,17	06/08/2010	35,0	<0,04	23/11/2007	274,0	0,56
27/05/2003	104,0	0,34	27/08/2010	240,0	<0,04	06/12/2007	150,0	0,1
09/09/2003	146,0	0,68	05/10/2010	750,0	<0,04	26/12/2007	220,0	0,25
24/11/2003	150,0	0,32	02/11/2010	480,0	0,08	15/01/2008	180,0	0,23
05/02/2004	164,0	0,39	17/12/2010	540,0	0,05	28/02/2008	108,0	0,52
29/04/2004	70,0	0,42	19/01/2011	320,0	0,2	27/03/2008	170,0	0,43
15/06/2004	130,0	0,5	02/02/2011	490,0	0,04	09/04/2008	160,0	0,24
30/08/2004	135,0	0,15	10/03/2011	235,0	<0,04	22/05/2008	213,0	0,34
25/11/2004	300,0	0,45	07/04/2011	415,0	0,08	19/06/2008	80,0	0,06
08/02/2005	308,0	0,76	27/06/2011	934,0	0,11	08/07/2008	130,0	<0,04
28/06/2005	255,0	0,1	18/07/2011	310,0	0,05	21/07/2008	200,0	0,19
21/09/2005	136,0	0,28	16/08/2011	410,0	0,04	14/08/2008		0,1
10/11/2005	300,0	0,24	04/09/2011	505,0	<0,04	18/09/2008	570,0	0,27
26/01/2006	290,0	0,14	31/10/2011	465,0	<0,04	17/10/2008	300,0	
01/03/2006	258,0	0,27	23/11/2011	240,0	0,05	11/11/2008	470,0	
21/04/2006	200,0	0,12	21/12/2011	740,0	<0,04	12/12/2008	400,0	
28/06/2006	187,0	<0,04	18/01/2012	610,0	<0,04	05/01/2009		0,21
25/07/2006	165,0	0,75	09/02/2012	420,0	0,05	02/03/2009	580,0	0,17
04/09/2006	138,0	0,5	22/03/2012	330,0	0,05	27/03/2009	460,0	
10/11/2006	230,0	0,25	14/04/2012	405,0	<0,04	20/05/2009	325,0	
14/12/2006	290,0	0,27	17/05/2012	572,0	0,05	16/06/2009	520,0	1,19
04/01/2007	300,0	0,21	25/06/2012	630,0	<0,04	03/08/2009	300,0	1,02
14/06/2007	185,0	0,26	17/07/2012	572,0	<0,04	15/09/2009	300,0	0,95
09/08/2012	844,0	0,07						
05/09/2012	440,0	<0,04						
23/10/2012	411,0	<0,04						
29/11/2012	613,0	0,08						
18/12/2012	490,0	<0,04						
09/01/2013	575,0	<0,04						
28/02/2013	411,0	<0,04						
18/03/2013	424,0	<0,04						
17/04/2013	572,0	<0,04						
29/05/2013	236,0							
27/06/2013	307,0	<0,04						
31/07/2013	32,0	0,04						
07/08/2013	335,0	<0,04						
17/09/2013	572,0	0,07						
01/10/2013	411,0	0,04						
20/11/2013	844,0	<0,04						
18/12/2013	528,0	0,07						
15/01/2014	528,0	0,05						
13/02/2014	451,0	0,06						
12/03/2014	411,0	<0,04						
09/04/2014	360,0	0,14						
13/05/2014	230,0	0,34						
25/06/2014	239,0	0,24						
29/07/2014	120,0	0,08						
21/08/2014	500,0	<0,04						
10/09/2014	472,0	0,07						
05/11/2014	472,0							
02/12/2014	572,0							

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), FIM (2013, 2014).

Tabla B.13
Planta Termo 6

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
20/08/2007	80000	0,06
30/08/2007	60000	0,11
06/09/2007	38000	0,08
17/09/2007		0,05
28/09/2007	32000	0,05
05/10/2007	40000	0,09
12/10/2007	36000	0,08
25/10/2007		< 0,04
31/10/2007	38000	0,23
15/11/2007	36400	0,23
29/11/2007		< 0,04
24/01/2008	36000	0,04
19/02/2008		< 0,04
26/03/2008	70000	< 0,04
07/04/2008	38000	< 0,04
06/11/2008	80000	0,02
12/11/2008	12000	
28/11/2008	12000	0,02
11/12/2008	80000	0,03
15/12/2008	80000	0,04
18/12/2008	80000	0,02
23/12/2008	80000	0,03
29/12/2008	80000	0,1
26/02/2009	80000	0,04
18/03/2009	80000	0,03
25/04/2009	80000	0,05
26/05/2009		0,03
21/07/2009	30000	0,03
25/08/2009	56000	
07/05/2010	60000	
09/06/2010	80000	0,07

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.14
Planta Termo Oleo

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
29/12/2008		0,2
18/03/2009	40,0	0,13
25/04/2009	20,0	0,04
26/05/2009		0,09
21/07/2009	200,0	0,03
25/08/2009	20,0	
07/05/2010	20,0	0,16
09/06/2010		0,06
02/07/2010	15,0	0,05
27/09/2010		0,08
19/11/2010		< 0,04
03/12/2010	10,0	< 0,04
19/01/2011	10,0	< 0,04
02/02/2011		< 0,04
28/03/2011		< 0,04
14/06/2011		0,12
29/03/2012		0,1
16/08/2012		0,04
07/11/2012		0,04

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.15
Tercera Cuenca

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
01/04/2009		0,10
22/04/2009		0,07
20/07/2010		0,06
02/09/2010		0,05
04/11/2010		0,02
17/02/2011		0,09
07/06/2011		0,06
25/08/2011		0,04
13/10/2011		0,08
03/11/2011		0,03
17/11/2011		0,06
15/12/2011		0,05
15/03/2012		0,078
26/04/2012		0,04
17/05/2012		0,05
23/08/2012		0,04
04/10/2012		0,05
10/01/2013		0,02
04/02/2013		0,04
16/07/2013		0,05
07/10/2013		0,04
13/01/2014		< 0,05
18/03/2014		< 0,05
20/08/2014		< 0,05

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al (2014), PIM (2013, 2014).

Tabla B.16
Cuenca Principal

Fecha	Caudal [m ³ /h]	Zn [mg/L]
16/05/2011	1750	< 0,04
17/05/2011	1750	< 0,04
18/05/2011	1750	< 0,04
19/05/2011	1750	< 0,04
20/05/2011	1750	< 0,04
21/05/2011	1750	< 0,04
22/05/2011	1750	< 0,04
10/08/2011	1750	0,12
11/08/2011	1750	0,20
12/08/2011	1750	0,10
13/08/2011	1750	0,10
15/08/2011	1750	0,10
16/08/2011	1750	0,10
17/08/2011	1750	0,10
14/11/2011	1750	0,06
15/11/2011	1750	0,08
16/11/2011	1750	0,11
17/11/2011	1750	0,12
18/11/2011	1750	0,12
19/11/2011	1750	0,09
20/11/2011	1750	0,08
01/03/2012	1750	0,100
02/03/2012	1750	0,190
03/03/2012	1750	0,140
05/03/2012	1750	0,140
06/03/2012	1750	0,090
07/03/2012	1750	0,150

Fuente: Elaboración propia en base a Monserrat et al. (2013)

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

ANEXO C

**Planilla de resultados programa ProUCL - Análisis ANOVA
Zn disuelto en agua y en sedimentos estaciones del estuario.**

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla C.1

Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test)				
Date/ Time of Computation	11/ 09/ 2016 09:20:54 p.m.			
From File	Datos Estuario dis PRO_Oneway x.xls			
Full Precision	OFF			
Conc				
Group	Obs	Median	Ave Rank	Z
e1	52	6,660	281,3	4,934
e2	12	0,765	200,3	-0,153
e3	56	0,585	215,8	0,697
e4	59	0,0100	198,0	-0,526
e5	55	0,0100	199,7	-0,392
e6	56	0,0100	193,6	-0,808
e7	50	0,0100	177,3	-1,794
e8	51	0,0100	162,6	-2,762
e9	19	1,990	235,7	1,136
Overall	410	0,0100	205,5	
K-W (H-Stat)	DOF	P-Value	(Approx. Chisquare)	
33,37	8,000	5,2744E-5		
40,09	8,000	3,0861E-6	(Adjusted for Ties)	
<p>Note: A p-value ≤ 0.05 (or some other selected level) suggests that there are significant differences in mean/ median characteristics of the various groups at 0.05 or other selected level of significance A p-value > 0.05 (or other selected level) suggests that mean/ median characteristics of the various group</p>				

Referencias:

- Group: identificación del grupo de datos, para nuestra tesis cada una de las estaciones de muestreo en el estuario.
- Obs: cantidad de datos u observaciones del grupo.
- Median: mediana del grupo de datos.
- Ave Rank: promedio de los rangos del grupo.
- Z: representa la desviación normal estandarizada de cada grupo, se utiliza para determinar la diferencia entre el rango promedio del grupo y el promedio de todos los rangos.
- K-W (H-Stat): es el valor estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis
- DOF: grados de libertad (Degree Of Freedom).
- P-Value: es la probabilidad que existe una diferencia entre los grupos.

Tabla C.2

Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test)				
Date/ Time of Computation	18/ 09/ 2016 05:27:21 p.m.			
From File	Datos Estuario dis PRO_Oneway sE2E1E9.xls			
Full Precision	OFF			
Conc				
Group	Obs	Median	Ave Rank	Z
e3	56	0,585	183,8	1,723
e4	59	0,0100	169,2	0,462
e5	55	0,0100	171,3	0,626
e6	56	0,0100	165,6	0,142
e7	50	0,0100	151,2	-1,039
e8	51	0,0100	139,2	-2,042
Overall	327	0,0100	164,0	
K-W (H-Stat)	DOF	P-Value	(Approx. Chisquare)	
7,412	5,000	0,192		
9,486	5,000	0,0912	(Adjusted for Ties)	
<p>Note: A p-value ≤ 0.05 (or some other selected level) suggests that there are significant differences in mean/ median characteristics of the various groups at 0.05 or other selected level of significance</p> <p>A p-value > 0.05 (or other selected level) suggests that mean/ median characteristics of the various group</p>				

- Referencias:
- Group: identificación del grupo de datos, para nuestra tesis cada una de las estaciones de muestreo en el estuario.
- Obs: cantidad de datos u observaciones del grupo.
- Median: mediana del grupo de datos.
- Ave Rank: promedio de los rangos del grupo.
- Z: representa la desviación normal estandarizada de cada grupo, se utiliza para determinar la diferencia entre el rango promedio del grupo y el promedio de todos los rangos.
- K-W (H-Stat): es el valor estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis
- DOF: grados de libertad (Degree Of Freedom).
- P-Value: es la probabilidad que existe una diferencia entre los grupos.

Tabla C.3

Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test)				
Date/Time of Computation	18/ 09/ 2016 06:44:55 p.m.			
From File	Datos ESTuario Sed Pro_Oneway sin 99 00.xls			
Full Precision	OFF			
Conc				
Group	Obs	Median	Ave Rank	Z
e1	44	34,64	122,8	-3,742
e2	6	52,08	225,7	1,194
e3	49	44,13	178,7	0,162
e4	51	45,50	172,0	-0,345
e5	47	47,28	207,2	2,224
e6	49	46,58	200,5	1,782
e7	42	42,55	164,9	-0,789
e8	44	42,77	174,9	-0,112
e9	20	42,85	183,0	0,294
Overall	352	43,98	176,5	
K-W (H-Stat)	DOF	P-Value	(Approx. Chisquare)	
21,44	8,000	0,00607		
21,44	8,000	0,00607	(Adjusted for Ties)	
<p>Note: A p-value ≤ 0.05 (or some other selected level) suggests that there are significant differences in mean/median characteristics of the various groups at 0.05 or other selected level of significance A p-value > 0.05 (or other selected level) suggests that mean/median characteristics of the various group</p>				

Referencias:

- Group: identificación del grupo de datos, para nuestra tesis cada una de las estaciones de muestreo en el estuario.
- Obs: cantidad de datos u observaciones del grupo.
- Median: mediana del grupo de datos.
- Ave Rank: promedio de los rangos del grupo.
- Z: representa la desviación normal estandarizada de cada grupo, se utiliza para determinar la diferencia entre el rango promedio del grupo y el promedio de todos los rangos.
- K-W (H-Stat): es el valor estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis
- DOF: grados de libertad (Degree Of Freedom).
- P-Value: es la probabilidad que existe una diferencia entre los grupos.

Tabla C.4

Nonparametric Oneway ANOVA (Kruskal-Wallis Test)				
Date/Time of Computation	18/ 09/ 2016 06:47:26 p.m.			
From File	Datos EStuario Sed Pro_Oneway s E1E2sin 99 00.xls			
Full Precision	OFF			
Conc				
Group	Obs	Median	Ave Rank	Z
e3	49	44,13	147,8	-0,325
e4	51	45,50	141,6	-0,892
e5	47	47,28	172,6	1,803
e6	49	46,58	166,6	1,322
e7	42	42,55	135,1	-1,315
e8	44	42,77	144,1	-0,611
e9	20	42,85	150,3	-0,0662
Overall	302	44,37	151,5	
K-W (H-Stat)	DOF	P-Value	(Approx. Chisquare)	
6,770	6,000	0,343		
6,770	6,000	0,343	(Adjusted for Ties)	
Note: A p-value ≤ 0.05 (or some other selected level) suggests that there are significant differences in mean/ median characteristics of the various groups at 0.05 or other selected level of significance A p-value > 0.05 (or other selected level) suggests that mean/ median characteristics of the various group:				

Referencias:

- Group: identificación del grupo de datos, para nuestra tesis cada una de las estaciones de muestreo en el estuario.
- Obs: cantidad de datos u observaciones del grupo.
- Median: mediana del grupo de datos.
- Ave Rank: promedio de los rangos del grupo.
- Z: representa la desviación normal estandarizada de cada grupo, se utiliza para determinar la diferencia entre el rango promedio del grupo y el promedio de todos los rangos.
- K-W (H-Stat): es el valor estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis
- DOF: grados de libertad (Degree Of Freedom).
- P-Value: es la probabilidad que existe una diferencia entre los grupos.

ANEXO D

**Planilla de resultados programa ProUCL – Cálculo media Zn disuelto y
caudales en descargas industriales y cloacales**

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla D.1

General Statistics on Uncensored Data											
Date/ Time of Computation	04/ 11/ 2016 07:27:10 p.m.										
User Selected Options											
From File	Zinc efluentes PRO rev 1.xls										
Full Precision	OFF										
From File: Zinc efluentes PRO rev 1.xls											
General Statistics for Censored Data Set (with NDs) using Kaplan Meier Method											
Variable	NumObs	# Missing	Num Ds	NumNDs	% NDs	Min ND	Max ND	KM Mean	KM Var	KM SD	KM CV
Zn (air liquide)	107,0	1,000	107,0	0	0,00%	N/A	N/A	0,903	0,825	0,908	1,006
Zn (cargill)	22,00	83,00	10,00	12,00	54,55%	0,0400	0,0400	0,0932	0,0110	0,105	1,125
Zn (cuenca principal)	27,00	0	20,00	7,000	25,93%	0,0400	0,0400	0,0952	0,00194	0,0440	0,462
Zn (epe)	50,00	3,000	33,00	17,00	34,00%	0,0100	0,0400	0,0726	0,0156	0,125	1,721
Zn (hdpe)	58,00	1,000	27,00	31,00	53,45%	0,0200	0,0400	0,0548	0,00311	0,0558	1,017
Zn (ldpe)	47,00	1,000	26,00	21,00	44,68%	0,0100	0,0400	0,0474	0,00167	0,0408	0,860
Zn (lhc-1)	95,00	6,000	44,00	51,00	53,68%	0,0100	0,0400	0,0532	0,00574	0,0757	1,425
Zn (lhc-2)	95,00	6,000	38,00	57,00	60,00%	0,0100	0,0400	0,0497	0,00757	0,0870	1,752
Zn (mega)	108,0	5,000	54,00	54,00	50,00%	0,0200	0,0400	0,0615	0,0131	0,115	1,864
Zn (petrobras)	101,0	24,00	43,00	58,00	57,43%	0,0200	0,0400	0,0615	0,00879	0,0938	1,524
Zn (profertil)	109,0	9,000	83,00	26,00	23,85%	0,0400	0,0400	0,210	0,0506	0,225	1,071
Zn (solvay)	127,0	26,00	66,00	61,00	48,03%	0,0200	0,0400	0,0660	0,00737	0,0859	1,302
Zn (tercera cuenca)	24,00	0	19,00	5,000	20,83%	0,0200	0,0500	0,0502	4,5345E-4	0,0213	0,424
Zn (termo m6)	28,00	3,000	15,00	13,00	46,43%	0,0200	0,0400	0,0564	0,00306	0,0553	0,980
Zn (termo oleo)	18,00	1,000	12,00	6,000	33,33%	0,0300	0,0400	0,0717	0,00251	0,0501	0,700
Zn (tgs)	93,00	5,000	39,00	54,00	58,06%	0,0200	0,0400	0,0509	0,00742	0,0861	1,693
General Statistics for Raw Data Sets using Detected Data Only											
Variable	NumObs	# Missing	Minimum	Maximum	Mean	Median	Var	SD	MAD/0.675	Skewness	CV
Zn (air liquide)	107,0	1,000	0,0400	4,800	0,903	0,620	0,825	0,908	0,578	2,125	1,006
Zn (cargill)	10,00	83,00	0,0500	0,440	0,157	0,100	0,0186	0,136	0,0519	1,492	0,868
Zn (cuenca principal)	20,00	0	0,0600	0,200	0,115	0,100	0,00124	0,0352	0,0297	1,132	0,307
Zn (epe)	33,00	3,000	0,0400	0,890	0,105	0,0800	0,0212	0,146	0,0445	5,194	1,390
Zn (hdpe)	27,00	1,000	0,0400	0,290	0,0948	0,0700	0,00383	0,0619	0,0297	1,898	0,653
Zn (ldpe)	26,00	1,000	0,0400	0,170	0,0777	0,0800	0,00100	0,0317	0,0148	0,983	0,408
Zn (lhc-1)	44,00	6,000	0,0400	0,500	0,103	0,0700	0,00790	0,0889	0,0445	2,778	0,861
Zn (lhc-2)	38,00	6,000	0,0400	0,640	0,109	0,0700	0,0134	0,116	0,0297	3,270	1,059
Zn (mega)	54,00	5,000	0,0400	1,090	0,103	0,0700	0,0233	0,153	0,0297	5,566	1,481
Zn (petrobras)	43,00	24,00	0,0300	0,510	0,116	0,0600	0,0158	0,126	0,0297	2,064	1,081
Zn (profertil)	83,00	9,000	0,0400	1,190	0,263	0,210	0,0552	0,235	0,193	1,721	0,893
Zn (solvay)	66,00	26,00	0,0300	0,500	0,107	0,0700	0,0108	0,104	0,0297	2,641	0,966
Zn (tercera cuenca)	19,00	0	0,0200	0,100	0,0562	0,0500	3,9729E-4	0,0199	0,0148	0,621	0,355
Zn (termo m6)	15,00	3,000	0,0400	0,230	0,0880	0,0700	0,00382	0,0618	0,0297	1,822	0,702
Zn (termo oleo)	12,00	1,000	0,0400	0,200	0,0925	0,0850	0,00269	0,0519	0,0593	0,840	0,561
Zn (tgs)	39,00	5,000	0,0400	0,790	0,0936	0,0600	0,0149	0,122	0,0297	5,135	1,306
Percentiles using all Detects (Ds) and Non-Detects (NDs)											
Variable	NumObs	# Missing	10%ile	20%ile	25%ile(Q1)	50%ile(Q2)	75%ile(Q3)	80%ile	90%ile	95%ile	99%ile
Zn (air liquide)	107,0	1,000	0,180	0,230	0,250	0,620	1,255	1,436	1,832	2,710	4,411
Zn (cargill)	22,00	83,00	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0850	0,106	0,192	0,352	0,423
Zn (cuenca principal)	27,00	0	0,0400	0,0400	0,0500	0,100	0,120	0,120	0,144	0,178	0,197
Zn (epe)	50,00	3,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0500	0,0800	0,0900	0,110	0,154	0,552
Zn (hdpe)	58,00	1,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0700	0,0860	0,116	0,149	0,262
Zn (ldpe)	47,00	1,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0800	0,0880	0,0900	0,107	0,156
Zn (lhc-1)	95,00	6,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0600	0,0820	0,132	0,183	0,359
Zn (lhc-2)	95,00	6,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0550	0,0700	0,110	0,183	0,414
Zn (mega)	108,0	5,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0700	0,0800	0,0930	0,130	0,445
Zn (petrobras)	101,0	24,00	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0500	0,0600	0,120	0,280	0,500
Zn (profertil)	109,0	9,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,110	0,280	0,340	0,500	0,644	1,014
Zn (solvay)	127,0	26,00	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0700	0,0800	0,130	0,211	0,492
Zn (tercera cuenca)	24,00	0	0,0330	0,0400	0,0400	0,0500	0,0600	0,0640	0,0794	0,0885	0,0977
Zn (termo m6)	28,00	3,000	0,0270	0,0300	0,0300	0,0400	0,0725	0,0800	0,103	0,188	0,230
Zn (termo oleo)	18,00	1,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0450	0,0975	0,112	0,139	0,166	0,193
Zn (tgs)	93,00	5,000	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0500	0,0600	0,0980	0,144	0,247

Tabla D.2

General Statistics on Uncensored Full Data											
Date/ Time of Computation	07/ 11/ 2016 08:16:17 a.m.										
User Selected Options											
From File	Zinc efuentes caudal s outliers PRO.xls										
Full Precision	OFF										
From File: Zinc efuentes caudal s outliers PRO.xls											
General Statistics for Uncensored Data Sets											
Variable	NumObs	# Missing	Minimum	Maximum	Mean	SD	SEM	MAD/ 0.675	Skewness	Kurtosis	CV
Caudal (air liquide)	57,00	50,00	0,100	5,630	1,882	1,562	0,207	1,927	0,635	-0,453	0,830
Caudal (cargill)	103,0	1,000	5,300	99,00	35,47	24,52	2,416	22,09	0,943	0,159	0,691
Caudal (cuenca principal)	27,00	0	1750	1750	1750	0	0	0	N/A	N/A	N/A
Caudal (epe)	33,00	19,00	1,600	70,00	11,67	13,16	2,291	5,930	3,067	11,81	1,128
Caudal (hdpe)	29,00	29,00	0,100	91,20	23,77	31,23	5,800	7,843	1,095	-0,602	1,314
Caudal (ldpe)	12,00	35,00	0,150	144,0	23,79	43,62	12,59	1,913	2,341	5,440	1,834
Caudal (lhc-1)	79,00	21,00	6,700	400,0	69,71	64,41	7,247	33,80	3,065	12,29	0,924
Caudal (lhc-2)	69,00	31,00	3,000	124,0	28,41	27,88	3,357	18,09	1,381	1,354	0,982
Caudal (mega)	59,00	54,00	0,100	52,20	17,69	16,37	2,131	22,83	0,330	-1,297	0,925
Caudal (petrobras)	111,0	13,00	0,500	80,00	30,97	14,62	1,388	14,83	0,494	0,524	0,472
Caudal (profertil)	114,0	4,000	32,00	934,0	339,9	190,4	17,83	215,0	0,652	0,0896	0,560
Caudal (solvay)	143,0	10,00	45,00	380,0	176,2	68,42	5,722	63,75	0,107	-0,0425	0,388
Caudal (tercera cuenca)	0	24,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Caudal (termo m6)	26,00	5,000	12000	80000	56708	23738	4655	29652	-0,395	-1,294	0,419
Caudal (termo oleo)	7,000	11,00	10,00	40,00	19,29	10,18	3,847	7,413	1,596	3,271	0,528
Caudal (tgs)	86,00	12,00	0,0250	37,40	8,714	9,328	1,006	4,299	1,343	0,755	1,070
Percentiles for Uncensored Data Sets											
Variable	NumObs	# Missing	10%ile	20%ile	25%ile(Q1)	50%ile(Q2)	75%ile(Q3)	80%ile	90%ile	95%ile	99%ile
Caudal (air liquide)	57,00	50,00	0,100	0,200	0,400	1,800	2,600	3,384	4,400	4,440	5,613
Caudal (cargill)	103,0	1,000	10,26	13,00	15,25	27,10	47,50	54,84	70,72	86,75	99,00
Caudal (cuenca principal)	27,00	0	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Caudal (epe)	33,00	19,00	2,340	3,600	4,500	7,000	14,00	15,60	25,00	29,00	58,80
Caudal (hdpe)	29,00	29,00	0,482	1,360	2,900	5,500	60,00	64,60	72,60	78,00	88,06
Caudal (ldpe)	12,00	35,00	0,173	0,200	0,200	1,450	23,50	24,60	69,91	106,0	136,4
Caudal (lhc-1)	79,00	21,00	18,72	26,50	34,40	57,60	74,95	90,00	124,0	180,0	361,0
Caudal (lhc-2)	69,00	31,00	6,000	6,700	6,700	18,90	34,80	53,70	74,00	74,86	106,6
Caudal (mega)	59,00	54,00	0,200	0,500	0,800	17,00	30,20	33,50	36,18	41,05	52,08
Caudal (petrobras)	111,0	13,00	15,00	19,00	20,00	30,00	40,00	44,00	50,00	52,00	71,15
Caudal (profertil)	114,0	4,000	123,0	162,4	180,0	303,5	472,0	502,0	572,0	619,0	844,0
Caudal (solvay)	143,0	10,00	80,20	100,0	130,0	187,0	220,0	226,8	260,0	274,5	355,8
Caudal (tercera cuenca)	0	24,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Caudal (termo m6)	26,00	5,000	31000	36000	36800	60000	80000	80000	80000	80000	80000
Caudal (termo oleo)	7,000	11,00	10,00	11,00	12,50	20,00	20,00	20,00	28,00	34,00	38,80
Caudal (tgs)	86,00	12,00	1,450	1,600	1,850	4,500	11,88	16,00	25,40	28,00	32,64

ANEXO E

Planilla de resultados programa ProUCL Cálculo media Zn disuelto en aguas subterráneas

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla E.1

General Statistics on Uncensored Data											
Date/Time of Computation	07/11/2016 09:52:43 a.m.										
User Selected Options											
From File	Zn Pozos PRO.xls										
Full Precision	OFF										
From File: Zn Pozos PRO.xls											
General Statistics for Censored Datasets (with NDs) using Kaplan Meier Method											
Variable	NumObs	# Missing	Num Ds	NumNDs	% NDs	Min ND	Max ND	KM Mean	KM Var	KM SD	KM CV
Zinc (mg/l)	113,0	0	87,00	26,00	23,01%	0,0100	0,0400	0,0650	0,00813	0,0902	1,386
General Statistics for Raw Dataset using Detected Data Only											
Variable	NumObs	# Missing	Minimum	Maximum	Mean	Median	Var	SD	MAD/0.675	Skewness	CV
Zinc (mg/l)	87,00	0	0,0100	0,570	0,0806	0,0500	0,00961	0,0980	0,0445	2,981	1,217
Percentiles using all Detects (Ds) and Non-Detects (NDs)											
Variable	NumObs	# Missing	10%ile	20%ile	25%ile(Q1)	50%ile(Q2)	75%ile(Q3)	80%ile	90%ile	95%ile	99%ile
Zinc (mg/l)	113,0	0	0,0100	0,0200	0,0200	0,0400	0,0700	0,0800	0,158	0,242	0,481

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

ANEXO F

Estimación toneladas de Zn por escorrentía de techos

“Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco”

Tabla F.1 Cálculo detallado escorrentía por techos.

Datos		
Tasa	2,096	g/ m ² año (F1)
Censo 2010	126.639	Viviendas en Bahía Blanca (F2)
	4.425.193	Viviendas en Pcia Buenos Aires (F3)
	1.591.746	Viviendas con techo de chapa en Pcia Bs. As. (F4)
Area techo	60	m ² superficie techo casa tipo (F5)
Cálculos		
Porcentaje de viviendas con techo de chapa Pcia Bs. As.	0,36	Relación entre viviendas con techo de chapa en Pcia Bs. As. y viviendas en Pcia Buenos Aires $F6 = (F4 / F3)$
Estimado de viviendas en Bahía Blanca con techo de chapa	45.552	Viviendas en Bahía Blanca por relación viviendas Pcia de Bs. As. $F7 = (F2 \times F6)$
Gramos de zinc por año	5.728.640,27	$(F1 \times F5 \times F7)$
Resultado	5.729	Kg de zinc por año

Fuente: Elaboración propia