



Programa: **Monitoreo de Cuerpos Receptores**

Subprograma: **Atmósfera**

Objetivos del Subprograma: Disponer de un sistema de información respecto a variables atmosféricas y establecer un programa de monitoreo de calidad de aire e impacto ambiental para el control de la calidad de la atmósfera de Bahía Blanca.

Período: Enero a Diciembre de 2016.



Resumen del Plan de Trabajo

Este informe presenta el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM₁₀), Ozono y Óxidos de Nitrógeno) por medio de las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Bahía Blanca (EMCABB I y II) en el período comprendido entre enero a diciembre de 2016.

Se presentan los resultados de monitoreos de material particulado PM_{2,5} en Ingeniero White.

También se detallan los avances del año en cuanto al Programa de Aseguramiento de Calidad de los Monitoreos y del Estudio de la Emisión y Recepción de aerosoles troposféricos en la zona industrial y portuaria de Ingeniero White y Bahía Blanca.

Por último se muestran los resultados del Monitoreo de Deposición Atmosférica de Metales.

Tareas	
1. Monitoreo continuo de Contaminantes Básicos Atmosféricos	3
2. Muestreo y Análisis de Material Particulado PM _{2,5} en Ing. White	13
3. Monitoreo de contaminantes específicos	15
4. Deposición Atmosférica de Metales Pesados.....	22
5. Conclusiones Generales del Subprograma	29
ANEXO	31

1. Monitoreo continuo de Contaminantes Básicos Atmosféricos

1.1. Objetivos

Determinar la congruencia de los resultados del monitoreo con normas guía de calidad de aire, estimar la exposición en la población y el ambiente, establecer bases científicas para determinar o revisar niveles guía o normas de calidad de aire y evaluar tendencias.

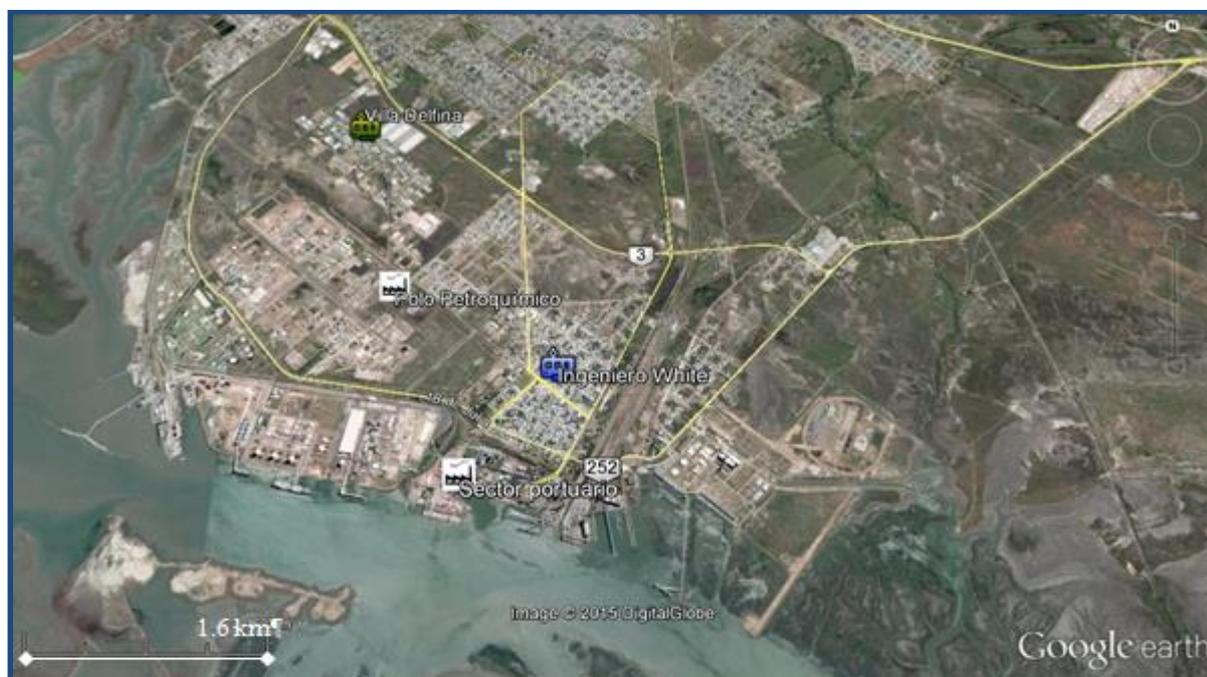
1.2. Metodología

1.2.1. Período de Monitoreo

Enero a Diciembre de 2016.

1.2.2. Puntos de Monitoreo

Los puntos de muestreo están ubicados en: EMCABB I Parque Industrial (38° 45' 32" S- 62° 17' 08" O) y es representativo de Villa Delfina y EMCABB II ubicada en Ingeniero White, hasta octubre en el predio del CTE, San Martín 3474 (38 46' 52 77"S - 62 16' 02" O) y a partir de Noviembre en el terreno de San Martín y Mascarello, a unos 150 metros (38 46' 55 77"S - 62 15' 58" O)





La escala representativa para el monitoreo es de tipo local, de acuerdo a lo indicado por la USEPA en el Quality Assurance -Handbook-Vol-II. Los sitios de emplazamiento de las estaciones de monitoreo responden a lo descrito por el 40 CFR Part 58 Appendix D.

1.2.3. Procedimiento de Muestreo

Automático y continuo, según método de referencia.

1.2.4. Equipamiento Utilizado

EMCABB I

- Analizador de Material particulado PM₁₀, Rupprecht & Patashnik, TEOM 1400A.
- Analizador de Monóxido de Carbono - T.E.I¹., modelo 48 C.
- Analizador de Dióxido de Azufre - T.S²., modelo 43i.
- Analizador de Óxidos de Nitrógeno -T.S²., modelo 42i.
- Analizador de Ozono, T.E.C³. modelo 49 C.
- Módulo para calibración compuesto por:
 - Calibrador dinámico T.S², modelo 146 i.
 - Generador de Aire Cero, T.E.I¹ modelo 111.
 - Calibrador de Ozono T.E.C⁴ modelo 49C PS.
 - Gases patrones primarios certificados.

EMCABB II

- Analizador de Material particulado PM₁₀, T.S². modelo TEOM 1405
- Analizador de Material particulado PM₁₀-PM_{2.5}, T.S². modelo TEOM 1405 FMDS
- Analizador de Dióxido de Azufre - T.S², modelo 43i.
- Analizador de Óxidos de Nitrógeno -T.S²., modelo 42i
- Módulo para calibración compuesto por:
 - Calibrador dinámico T.S², modelo 146 i.
 - Generador de Aire Cero, T.E.I¹ modelo 111.
 - Calibrador de Ozono T.E.C³ modelo 49C PS.
 - Gases patrones primarios certificados

¹T.E.I.: ThermoEnvironmental Instruments Inc.

² T.S. Thermo Scientific.

³ T.E.C: Thermo Electron Corporation

1.2.5. Métodos de Referencia

El equipamiento listado corresponde a lo especificado en el Título 40, Parte 53 del Código Federal de Regulaciones de EEUU.

1.2.6. Validación de datos:

Los resultados obtenidos fueron validados de acuerdo a un procedimiento que consta de 3 niveles de evaluación:

- Nivel 1: Verificación desde la base de datos en tiempo real de datos anómalos.
- Nivel 2: Identificación y eliminación de datos no válidos y ausentes, identificando y reportando las causas en cada caso. En este nivel de validación se analiza también la suficiencia de datos. Se considera que un 75% de mediciones válidas es el número mínimo suficiente para calcular los valores promedios para cada período de observación. Para el valor promedio de 24 h (1 día) se requieren 18 observaciones válidas de promedios horarios y por otra parte se requieren 273 datos diarios para promedio anual.
- Nivel 3: Evaluación de la consistencia espacial, temporal y estacional de los datos. Este último nivel de evaluación está referido a la interpretación de la información obtenida en función de datos meteOrológicos, eventos industriales y situaciones extraordinarias (recepción de las emisiones de erupciones volcánicas, entre otras).

1.2.7. Procesamiento de Datos

Las evaluaciones estadísticas se realizaron de acuerdo a la guía: Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide (QA/G-9S). Environmental Protection Agency, EPA. EE.UU. 2006.

1.2.8. Datos meteOrológicos

Los datos meteOrológicos son provistos por estaciones propias marca Davis, modelo Vantage ProII auditadas periódicamente por el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional del Sur. Las mismas están ubicadas en Ingeniero White, en el mismo predio de la EMCABB II y a unos 3 kilómetros de la EMCABB I.

1.3 Marco normativo y de referencia

Las normas de calidad de aire ambiente del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965, establecen límites que se detallan en la tabla. Esta norma está actualmente en revisión, a través de la Comisión Revisora Permanente, conforme a lo establecido en el artículo 3° del citado Decreto. Profesionales del CTE forman parte de esta Comisión.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó un documento, denominado "Guías de Calidad del Aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre - actualización mundial 2005" que ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud.

PARAMETRO	TIEMPO PROMEDIADO	TABLA A DECRETO 3395/96	GUIA CALIDAD AIRE OMS (2005)
PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	150	50
	1 Año	50	20
PM-2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	-----	25
	1 Año	-----	10
CO (ppm)	1 hora	35	-----
	8 horas	9	-----
SO ₂ (ppb)	10 minutos	-----	192
	3 horas	500	-----
	24 horas	140	-----
	1 año	30	8
NOx (ppb)	1 hora	200	-----
	1 año	53	-----
NO ₂ (ppb)	1 hora	-----	100
	1 año	-----	20
O ₃ (ppb)	1 hora	120	-----
	8 horas	51	-----

1.4 Resultados Obtenidos

Se presentan los resultados obtenidos de calidad de aire, durante el período indicado, para contaminantes básicos. En las Tablas I a VIII del Anexo – Atmósfera, página 32, se presenta una tabla con parámetros estadísticos para cada uno.

1.4.1 Monóxido de Carbono (CO) (EMCABB I)

Sobre un total de 8527 datos de promedios horarios, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superó la norma para 1 hora ni para 8 horas de exposición.

El valor máximo obtenido para una hora fue de 2,57 ppm en el mes de Noviembre.

1.4.2 Dióxido de Azufre (SO₂) (EMCABB I)

Sobre un total de 8295 datos, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 3 horas, para 24 horas ni para 1 año de exposición.

El valor máximo obtenido para 3 horas de promedio fue de 19,3 ppb en el mes de Junio. El promedio anual fue de 1,1 ppb.

1.4.3 Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (EMCABB I)

Sobre un total de 8548 datos de promedios horarios, los resultados indican que la norma, para exposición de 1 hora de NO_x, se superó en 17 oportunidades, en los meses de Abril, Mayo, Junio, Agosto y Septiembre. El máximo valor promedio horario obtenido es de 367,6 ppb en el mes de Mayo.

FECHA	HORA	NO	NO ₂	NO _x	VIENTO	TEMPERATURA	ESTABILIDAD
2016-04-18	08	199,7	74,0	258,0	Calma	7°C	G
2016-05-03	08	311,4	82,6	367,6	Calma	3°C	E
2016-05-05	08	236,0	47,7	272,3	Calma	8°C	E
2016-05-11	07	173,6	51,9	219,8	NNO 6 km/h	5°C	E
2016-05-11	08	186,8	36,4	213,8	Calma	5°C	E
2016-05-12	08	248,3	43,0	276,4	Calma	6°C	F
2016-05-23	08	194,6	34,1	223,7	Calma	4°C	F
2016-05-23	09	192,9	42,4	231,6	Calma	4°C	F
2016-06-08	21	199,2	36,0	235,5	Calma	8°C	E
2016-06-08	22	239,6	33,8	273,7	Calma	8°C	E
2016-06-16	20	180,0	38,7	212,1	Calma	9°C	D-F
2016-06-24	08	183,7	43,5	216,8	Calma	5°C	E
2016-06-24	09	164,9	35,2	200,2	Calma	6°C	E
2016-08-12	08	304,9	56,6	355,4	Calma	5°C	F-G
2016-08-29	08	172,8	36,9	209,8	Calma	2°C	---
2016-09-08	20	163,0	42,7	206,1	Calma	12°C	E
2016-09-09	21	220,1	42,1	262,5	Calma	12°C	E

La estabilidad atmosférica es obtenida del pronóstico meteOrológico aportado por el CERZOS. La clasificación corresponde a las siguientes condiciones atmosféricas A: extremadamente inestables,

B: Moderadamente inestables, C: Levemente inestables, D: Neutrales, E: Levemente estables, F: Moderadamente estables y G: Extremadamente estables.

Como puede observarse, la condición meteorológica que caracteriza los días de valores promedios horarios por encima de la norma corresponde a bajas temperaturas, viento en calma o muy leve y condiciones de estabilidad atmosféricas entre neutrales y extremadamente estables.

El promedio anual de NO_x fue de 13,1 ppb y estuvo por debajo de la norma de calidad de aire anual.

El Dióxido de Nitrógeno no está legislado en la Provincia de Buenos Aires. Comparando los valores obtenidos con la guía de calidad de aires OMS (2005) se puede observar que en ninguna oportunidad superó la norma para 1 hora.

El promedio anual de NO₂ fue de 6,4 ppb y estuvo por debajo del valor guía sugerido por la OMS.

1.4.4 Material Particulado Suspendido (PM₁₀) (EMCABB I)

Sobre un total anual de 305 promedios diarios, los resultados indican que en 5 oportunidades se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación se detallan los promedios de 24 horas que superan la norma y la dirección predominante del viento durante las horas con valores por encima de 150 µg/m³.

Fecha	PM10 ug/m ³	Condiciones ambientales
30/03/2016	166,7	N-NNO 24 km/h Promedio (entre 8 y 18 hs)
20/09/2016	165,4	N-NNO 27 km/h Promedio (entre 7 y 16 hs)
12/12/2016	220,7	SSO-O 17 km/h Promedio (8 y 20 hs)
15/12/2016	258,8	NO-NNO 31 km/h Promedio diario
16/12/2016	271,9	NNO 25 km/h Promedio diario

Las direcciones de viento indicadas corresponden a las predominantes y a las horas de mayores registros de PM10.

El promedio anual fue de 47,1 µg/m³, no superando la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

1.4.5 Contaminante Ozono (O₃) (EMCABB I)

Sobre un total de 7786 datos, el valor máximo obtenido para 1 hora fue de 54 ppb en el mes de Diciembre, no superando la norma de calidad de aire.

1.4.6 Dióxido de Azufre (SO₂) (EMCABB II)

Sobre un total de 8001 datos, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 3 horas, para 24 horas ni para 1 año de exposición.

El valor máximo obtenido para 3 horas de promedio fue de 21,6 ppb en el mes de Diciembre. El promedio anual fue de 0,9 ppb.

1.4.7 Material Particulado Suspendido (PM₁₀) (EMCABB II)

Sobre un total anual de 273 promedios diarios, los resultados indican que en 1 oportunidad se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación se detalla el promedio de 24 horas y dirección predominante del viento del registro por encima de encima de 150 µg/m³.

Fecha	PM10 ug/m ³	Condiciones ambientales
15/12/2016	204,3	NO-NNO 31 km/h Promedio diario

El máximo valor promedio diario obtenido fue de 204,3 µg/m³, en el mes de Diciembre, y fue el único valor que superó la norma de calidad de aire para 24 horas.

El promedio anual fue de 41,7 µg/m³, encontrándose por debajo de la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

1.5 Comparación de resultados entre ambos sitios de monitoreo

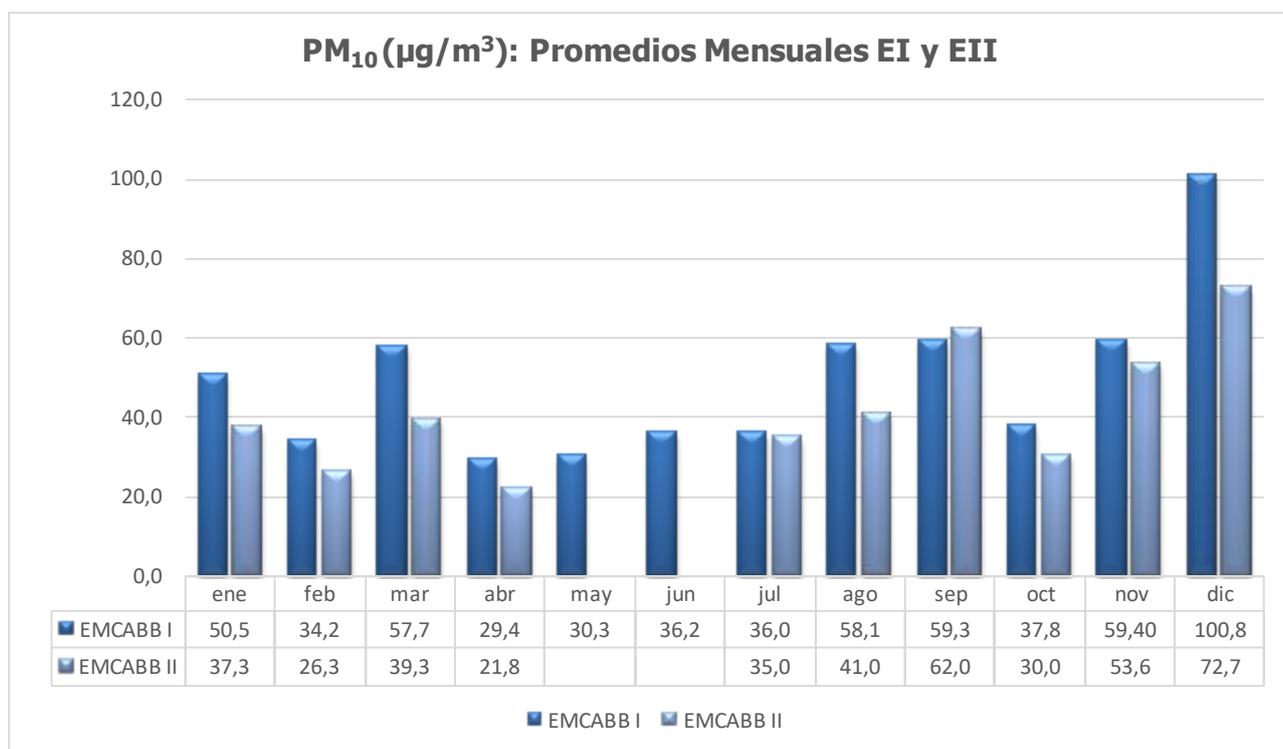
Las estaciones EMCABB I (EI) y EMCABB II (EII) se encuentran entre sí a una distancia de 3 km, correspondiendo a una escala local, suponiendo homogeneidad de la parcela de aire. Existen factores y aportes comunes para ambos sitios de monitoreo, como variables meteorológicas, estacionales y aportes regionales. Por otra parte se pueden identificar algunos aportes particulares: los modelos de dispersión muestran un mayor aporte de emisiones de la Refinería (Pampa Energía) en el sitio donde se encuentra la EI respecto al sitio de la EII, mientras que lo inverso ocurre respecto a la Central Termoeléctrica (Luis Piedrabuena). Por otra parte la EII está más cerca de fuentes fijas de PM10 (ceraleras) mientras que la EI tiene mayor influencia de

tránsito y de resuspensión de suelo proveniente de calles sin pavimentar. Para el año 2016 se compara PM10 y SO₂.

1.5.1 Comparación de material particulado PM10

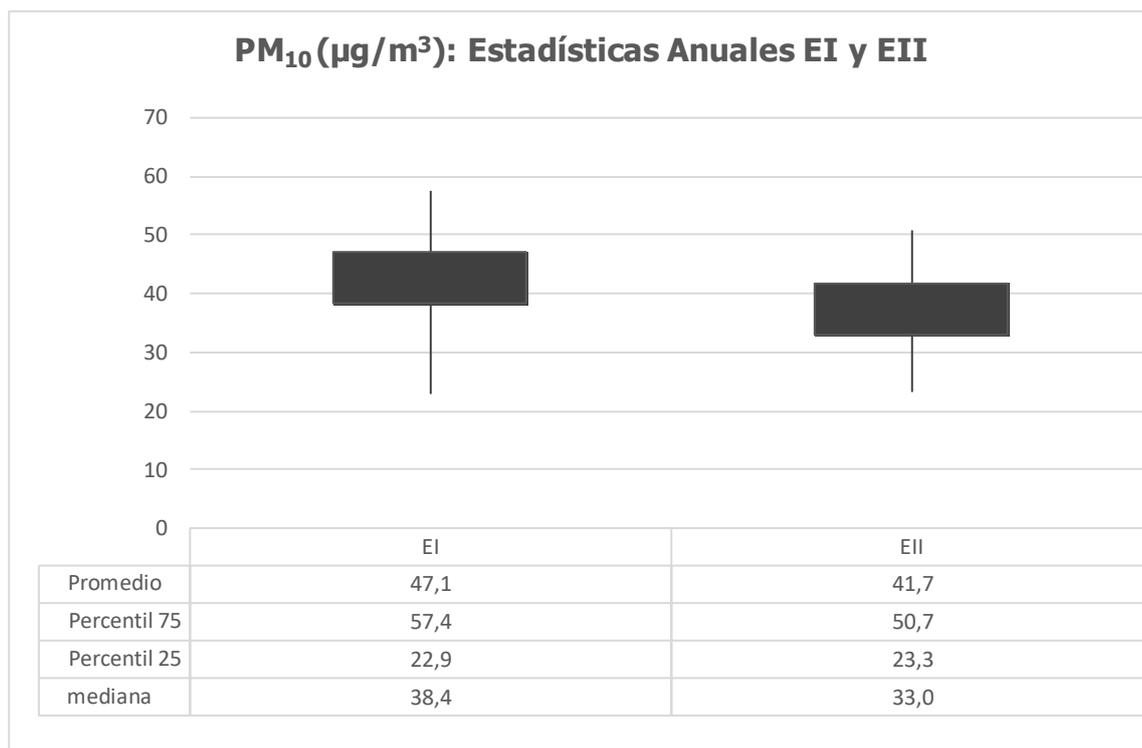
Los resultados de años anteriores mostraban diferencias entre los resultados de PM10 entre los dos sitios.

En el siguiente gráfico se muestran los promedios mensuales de PM10 en las dos cabinas. Como se puede observar, los promedios mensuales de EI son mayores a los de EII. Las estadísticas anuales muestran las mismas tendencias.

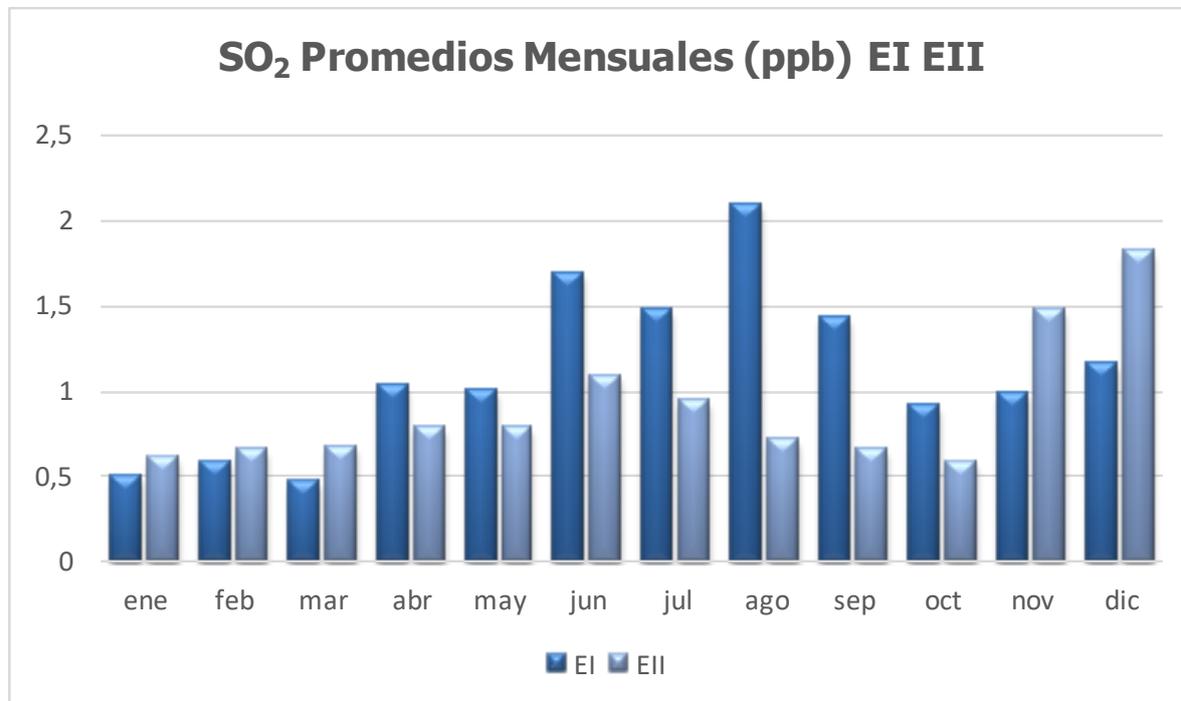


De acuerdo a lo que puede observarse, los promedios son mayores en los meses cálidos respecto a los meses con menores temperaturas.

Si se comparan resultados anuales, se puede apreciar que el promedio, la mediana y el percentil 75 son mayores en la EMCABB I respecto a la EMCABB II. Por otra parte el percentil 25, que podría representar los valores de base, es muy similar entre ambos sitios. En este gráfico a continuación se muestran las estadísticas anuales:



1.5.2 Comparación de Dióxido de Azufre (SO₂)



Como puede observarse en el gráfico, entre los meses de abril a octubre se registraron mayores valores en la EI respecto a la EII, mientras que en el resto del año ocurrió lo inverso.

1.5 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de aire de contaminantes básicos, durante el período analizado, indican que: el Monóxido de Carbono (CO), el Dióxido de Azufre (SO₂), y Ozono (O₃) no han superado los límites establecidos por la legislación vigente.

El Material Particulado en Suspensión (PM₁₀) ha excedido en 5 oportunidades, durante el año 2016, la norma de calidad de aire para un período de 24 horas en el parque industrial (EMCABB I), mientras que superó en 1 oportunidad en Ingeniero White (EMCABB II). Comparando los promedios entre ambas estaciones se observa, al igual que en años anteriores, un mayor promedio en la EMCABB I respecto a la EMCABB II.

Comparando con años anteriores se puede indicar que el promedio obtenido en el año 2016 (EMCABB I), al igual que los años 2014 y 2015 es inferior respecto al rango de promedios de los 10 años anteriores. Rango 49,6 µg/m³ (año 2005) a 71,9 µg/m³ (año 2008).

Los promedios horarios de Óxidos de Nitrógeno, durante el año 2016, han superado la norma de calidad de aire en 17 oportunidades, lo que representa un porcentaje del 0,20%, similar al porcentaje del año anterior.

2. Muestreo y Análisis de Material Particulado PM_{2,5} en Ingeniero White

2.1 Objetivo

Monitorear el material particulado PM_{2,5} en el casco urbano de Ingeniero White y evaluar la exposición de la población al mismo.

2.1.1 Metodología

2.1.1.1 Punto de Monitoreo

Casco urbano de Ingeniero White, San Martín 3474.

2.1.2 Equipamiento Utilizado

Muestreador: Reference Ambient Air Sampler (RAAS) marca Thermo Electron Corporation. Cumple con los requerimientos de la EPA como método de referencia, según Título 40, Parte 50 apéndice L, M y J del Código Federal de Regulaciones de EEUU. Con cabezales intercambiables para PM₁₀ y PM_{2,5}.

Balanza: Microbalanza Sartorius MESF con una resolución de 1 µg y platillo especial para filtros de 47 mm de diámetro.

2.1.3 Método de Referencia

De acuerdo a las recomendaciones del manual de calidad de la EPA: Quality Assurance Guidance Document 2.12 Monitoring PM_{2,5} in Ambient using Designated Reference or Class I Equivalent Methods.

2.2 Marco Regulatorio

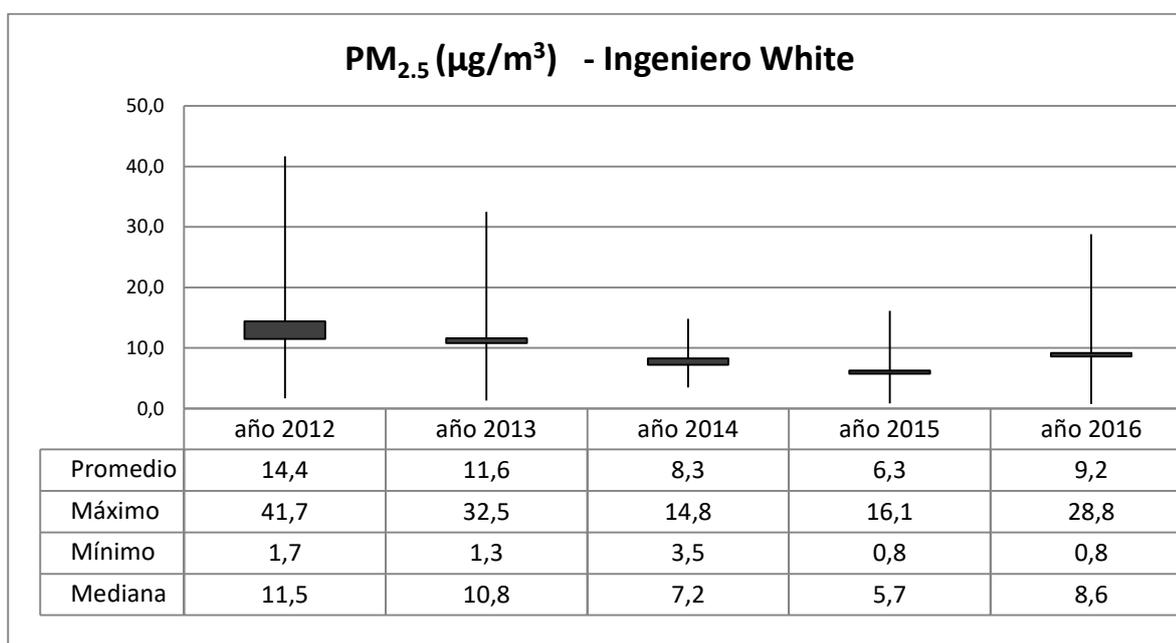
El material particulado en suspensión PM_{2,5} no está regulado en la provincia de Buenos Aires.

Como referencia podemos mencionar la norma de calidad de aire de la EPA, que es de 35 µg/m³ para 24 horas, y la Ley 1356 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que es de 65 µg/m³ para 24 horas. Las guías OMS (2005) sugieren un valor promedio de 25 µg/m³ de 24 horas y de 10 µg/m³ para un año de exposición.

2.3 Resultados Obtenidos

Durante el año 2016 se obtuvieron 78 muestras de 24 horas. El máximo valor obtenido fue de 28,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Respecto a los valores de referencia, se puede indicar que todos los datos estuvieron por debajo de los niveles regulados por la EPA y por la ciudad de Buenos Aires. Respecto a las guías de la OMS, 1 dato estuvo por encima de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Los datos registrados desde el año 2012 indican que, en general, los valores se encuentran debajo de los niveles de referencia indicados. En la siguiente figura se muestran los resultados de los 5 años de monitoreo.



2.4 Relación entre resultados de PM10 y PM2.5

En muchas ciudades, cuando no se cuenta con datos de PM_{2,5}, se estima su concentración a partir de datos de PM₁₀. Para poder hacer esta estimación es necesario obtener el factor de cálculo, que es característico para cada lugar. De acuerdo a las guía de calidad de aire de la OMS para material particulado-2005, la relación característica para zonas urbanas está en el rango de 0,5-0,8, adoptándose el factor 0,5, para calcular PM_{2,5} en función de resultados de PM₁₀ cuando no se cuenta con un factor local específico.

Para obtener el factor local de la relación se tomaron los datos de PM₁₀ y PM_{2,5} de Ingeniero White, correspondiente a los días con que se contaba con éste último dato para el período 2013-2016, lo que representa un total de 157 valores.

Como resultado promedio de todo el período, la relación PM_{2,5}/PM₁₀ fue de 0,27. Se observa una gran variabilidad, con un rango de relaciones entre 0,1 y 1. La relación es inversamente proporcional a la concentración de PM₁₀, así a bajas concentraciones de PM₁₀, la relación es cercana a 1 y a altas concentraciones es cercana a 0,1. Esto se explica por la mayor contribución de partículas de polvo ambiente (suelo) característico de altas concentraciones de PM₁₀.

2.5 Conclusiones

En función de los resultados obtenidos se concluye que el factor promedio obtenido es inferior al de referencia. Por otra parte, debido a la variabilidad apuntada, no es posible utilizar un único factor por lo que es conveniente seguir evaluando con mayor número de datos a fin de obtener factores para los diferentes rangos de concentración.

3. Monitoreo de Contaminantes Específicos

Desde hace algunos años se vienen estudiando algunas alternativas a fin de evaluar la exposición de la población a contaminantes específicos de Calidad de Aire (tabla B- Niveles Guía de Calidad de Aire Ambiente -contaminantes específicos decreto 3395/96 y otras regulaciones). Estos monitoreos permiten complementar con los existentes de emisiones periféricas en las proximidades de las industrias.

Es importante señalar las diferencias entre los monitoreos de emisiones periféricas, que se están realizando desde hace años, y los de calidad de aire. En primer lugar, el objetivo de medición: el monitoreo de emisiones tiene un propósito de fiscalizar y detectar en forma temprana un problema, y así requerir a la industria las medidas correctivas y mitigatorias necesarias; el monitoreo de calidad de aire pretende evaluar la exposición de la población a un contaminante en función de un determinado tiempo. Por eso, las acciones a tomar en uno y otro caso difieren: mientras que en el caso de los monitoreos de emisiones permiten notificar desvíos a las empresas responsables y requerir medidas mitigatorias, las evaluaciones de calidad de aire ofrecen información a la población, a otras autoridades y permiten evaluar impactos y tendencias. Además, las concentraciones son mayores en una emisión respecto a posibles niveles en calidad de aire, por lo que es más fácil contar con medios técnicos de análisis de emisiones respecto a calidad de aire. Por otro lado, los monitoreos de emisiones son de corta duración (segundos o minutos) mientras que los de calidad de aire deben ser de mayor tiempo (8 hs, 24 hs o anual). Por otra parte, el punto de medición es diferente: mientras que en un monitoreo de emisión periférica se busca la mayor cercanía posible a la fuente y vientos debajo de la misma, en un monitoreo de calidad de aire debe hacerse en un punto fijo durante la totalidad de horas de muestreo y debe

realizarse en un lugar donde habiten personas, preferentemente individuos vulnerables (jardines de infantes, hospitales, hogares de ancianos).

En la tabla a continuación se muestran las diferencias apuntadas:

	EMISIONES PERIMETRALES	CALIDAD DE AIRE
OBJETIVO	fiscalizar y detectar en forma temprana un desvío.	Evaluar la exposición de la población
ACCIONES ANTE DESVIOS	Notificar a la empresa y solicitar medidas mitigatorias y correctivas.	Informar a la población y a OPDS.
T. DE MEDICION	Segundos -minutos	8 hs, 24 hs o anual
SITIO DE MEDICION	Lo más cercano posible a la fuente. Punto variable en función del viento.	Donde hay población-especialmente vulnerable- Punto fijo
CONCENTRACION A MEDIR	ppb-ppm	ppt-ppb (salvo amoníaco: ppm)

Referencias: ppm: partes por millón; ppb: partes por billón; ppt: partes por trillón

Los contaminantes específicos que consideramos prioritarios en el ámbito de aplicación de la Ley 12530 y sus fuentes de emisión son: Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (Refinería, fabricación de polietileno), Mercurio, Cloro y Cloruro de Vinilo (fabricación de PVC), Hexano (aceitera y fabricación de polietileno) y Amoníaco (fabricación de urea).

En el caso del Amoníaco, la red de sensores que monitorea en forma continua en 9 sitios fijos, tiene como principal objetivo la respuesta ante una emergencia tecnológica. Posee sensores con un límite de detección de 1 ppm, lo que permite a su vez, ser de utilidad para evaluar la congruencia de los datos con niveles guía de calidad de aire.

Respecto al Mercurio, en el año 2015 se adquirió un equipo DMA (Direct Mercury Analyzer) Milestone, que permite alcanzar los niveles requeridos para calidad de aire. Durante el año 2016 se ha desarrollado y optimizado la metodología analítica para monitoreo en campo a niveles de ng/m^3 . Además se ha realizado un monitoreo de Screening de Mercurio que se detalla en el punto 3.1.

Los Niveles Guías de Calidad de Aire establecen valores muy bajos de concentración (ppb, o ppt) para muchos de los contaminantes mencionados. Existe una limitación técnica con las metodologías analíticas para alcanzar tales valores. En los casos particulares de Benceno y cloruro de vinilo no existen en la ciudad laboratorios privados o públicos (universidades o institutos de investigación) que estén en condiciones de llevar a cabo estos análisis con los límites de detección requeridos para calidad de aire.

No obstante, se viene desarrollando un monitoreo de BTEX que permite alcanzar los valores indicados en la Tabla B-Dto 3395/96, a excepción de Benceno. De todas maneras, la técnica utilizada es adecuada respecto al nivel de referencia de calidad de aire adoptado por la Comunidad Europea de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ver punto 3.2.

3.1. Monitoreo de Mercurio gaseoso en aire

3.1.1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que en áreas remotas, los niveles atmosféricos de Mercurio son de aproximadamente 2 a $4 \text{ ng}/\text{m}^3$, en las áreas urbanas alrededor de $10 \text{ ng}/\text{m}^3$, y en zonas industriales hasta de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$. Esto significa que la cantidad diaria de Mercurio absorbido en el torrente sanguíneo, como resultado de la exposición respiratoria, es de aproximadamente 32-64 ng en áreas remotas y alrededor de 160 ng en áreas urbanas⁴.

Sin embargo, la exposición al Mercurio del aire exterior de áreas urbanas es insignificante en comparación con la exposición de amalgamas dentales, dado que la absorción media diaria estimada de vapor de Mercurio de los empastes dentales oscila entre 3000 y 17000 ng. Es por ello que no se espera que la exposición al Mercurio del aire exterior urbano, a estos niveles, tenga efectos directos en la salud humana⁴.

Los sitios con mayor de concentración de Mercurio "*hot-spots*" han sido reportados en el aire cerca de emisiones industriales o por encima de las áreas donde los fungicidas de Mercurio se han utilizado ampliamente. En Fujimura se reportaron niveles en aire de hasta $10000 \text{ ng}/\text{m}^3$ cerca de campos de arroz donde se usaron fungicidas de Mercurio, y valores de hasta $18000 \text{ ng}/\text{m}^3$ cerca de una autopista muy transitada en Japón. Los valores de aire pueden elevarse a 600 y $1500 \text{ ng}/\text{m}^3$ cerca de minas de Mercurio y refinerías⁴.

La especie predominante de Mercurio presente en el aire (Hg^0), no es ni mutagénica ni cancerígena. Por ello, la OMS recomienda como nivel guía para el vapor de Mercurio un valor de

⁴ Air Quality Guidelines for Europe – 2nd edition. Copenhagen, 2000.

1000 ng/m³ como promedio anual. De todas maneras y según el conocimiento actual, la OMS sugiere considerar posibles efectos en el sistema inmune a exposiciones más bajas. Finalmente, y para evitar posibles efectos sobre la salud en un futuro cercano, la OMS recomienda que los niveles de Mercurio en el aire ambiente deben mantenerse lo más bajo posible⁴.

La emisión de Mercurio en el medio ambiente a nivel mundial, se debe fundamentalmente a la actividad humana. La principal fuente es la combustión del carbón para la producción de electricidad y la calefacción. El Mercurio que contiene el carbón es emitido durante la combustión de este. Prácticamente la mitad de las emisiones atmosféricas de Mercurio proceden de centrales termoeléctricas alimentadas con carbón, de calderas industriales y del uso doméstico para calentarse y cocinar. Otras fuentes importantes de emisiones de Mercurio son los procesos industriales, los incineradores de basuras y la minería del Mercurio, el Oro y otros metales. Como el Mercurio es un elemento presente de forma natural en el medio ambiente, también hay emisión generada por la actividad volcánica y la erosión de las rocas.

En el ámbito de aplicación de la Ley 12530, una de las fuentes principales de emisión de Mercurio, es la planta de clOro soda de Unipar-Indupa.

3.1.2. Objetivos

Evaluar los niveles de concentración de Mercurio gaseoso en el aire de la zona de Ingeniero White y barrios aledaños.

3.1.3. Metodología

Se seleccionaron como sitios de muestreo las cabinas de monitoreo continuo de aire que dispone el CTE: EMCABB I y EMCABB II, ubicadas en el Consorcio del Parque Industrial, representativa de Villa Delfina, y en la zona Urbana de Ingeniero White.

Los muestreos comenzaron en octubre del 2015 y se extendieron hasta diciembre de 2016. Se inició en la zona de Ingeniero White (en la EMCABB II) como programa de "screening" y puesta a punto de la metodología, posteriormente se incorporó la otra estación de monitoreo.

Para el monitoreo se empleó la metodología de NIOSH 6009, con una modificación en el tiempo de muestreo, el cual fue de 24 horas. Se emplearon tubos con relleno de hopcalita (Carulite) para la absorción de Mercurio.

La determinación analítica se realizó según metodología EPA 7473, utilizando un equipo DMA (Direct Mercury Analyzer) Milestone. El mismo realiza una descomposición térmica de la muestra,

con posterior amalgamación del Mercurio con Oro, un paso de desorción térmica y finalmente lectura por espectrofotometría de absorción atómica (AAS).

Las calibraciones se realizaron con solución Patrón de Mercurio de trazabilidad internacional, con una concentración de 1000 mg/l. El límite de detección de la metodología es de 7,64 ng/m³

3.1.4. Marco Normativo y de referencia

La tabla B del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965 establece un nivel guía para Mercurio vapor (elemental) de 0,95 µg/m³ (950 ng/ m³) para 8 horas de exposición.

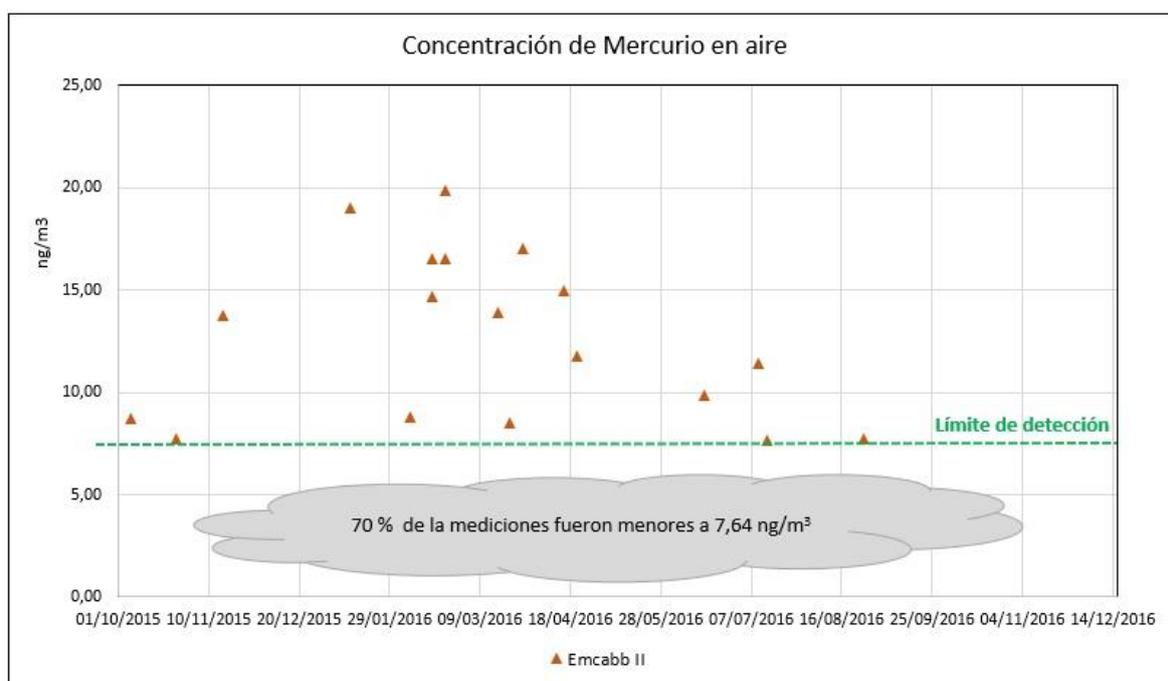
Las "Guías de Calidad de aire para Europa" -2º edición de la OMS establecen un nivel guía de 1 µg/m³ (1000 ng/m³) para un año de exposición.

3.1.5. Resultados

Se realizaron en total 76 determinaciones, de las cuales 60 ocurrieron en la zona de Ingeniero White (EMCABB II) y las restantes 16 en el área del Parque Industrial (EMCABB 1).

En la EMCABB I, el 100% de las mediciones resultaron menores al límite de detección.

En la EMCABB II, de las 60 mediciones, 42 fueron no detectables (70%), el 30% restante con valores por encima de 7,64 ng/m³, y su distribución puede observarse en el siguiente gráfico.



Los valores durante este periodo, oscilaron entre 7,65 y 19,85 ng/m³.

3.1.6. Discusión de Resultados

Los datos obtenidos en el presente monitoreo de *screening* están indicando que los valores obtenidos se encuentran 2 órdenes de magnitud por debajo de los niveles guía de la legislación vigente y los sugeridos por la OMS.

Los resultados del presente trabajo son congruentes con los valores esperables para zonas mixtas urbano-industriales, de acuerdo al informe de la OMS señalado en el apartado 3.1.1

3.1.7. Conclusiones

Estos valores hallados son los primeros resultados de Mercurio en aire informados para el área de Ingeniero White. Por los niveles alcanzados, los mismos resultan bajos y son esperables de encontrar en zonas urbanas e industriales.

En función de los resultados obtenidos, se concluye que la metodología aplicada es la adecuada por lo que se continuará con el monitoreo en estas mismas condiciones.

3.2. Monitoreo de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) en aire

3.2.1. Introducción

Las fuentes de BTEX incluyen emisiones de fuentes fijas (industrias petroquímicas, refinerías), fuentes móviles, estaciones de servicio, procesos de combustión, humo de cigarrillo entre otras. Dentro de estos compuestos químicos, el de mayor relevancia desde el punto de vista toxicológico es el Benceno, debido a que es cancerígeno

De acuerdo a la OMS⁴ las concentraciones medias de Benceno son de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zonas rurales y entre 5 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zonas urbanas, siendo las concentraciones mayores cerca de fuentes de emisión como pueden ser estaciones de servicio. En cuanto a Tolueno refiere concentraciones medias en áreas rurales de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en zonas urbanas los promedios están en el rango de 5-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2.2. Objetivos

Evaluar los niveles de concentración de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y o-Xileno en el aire de la zona de Ingeniero White y en barrios aledaños.

3.2.3. Metodología

Se seleccionaron como sitios de muestreo las cabinas de monitoreo continuo de aire que dispone el CTE: EMCABB I y EMCABB II, ubicadas en el Consorcio del Parque Industrial, representativo de Villa Delfina, y en la zona Urbana de Ingeniero White respectivamente.

Los muestreos comenzaron en abril del 2016 y se extendieron hasta noviembre del mismo año. Se inició como programa de "Screening" y puesta a punto de la metodología en la EMCABB II de Ing. White, posteriormente se incorporó la otra estación de monitoreo.

Para el monitoreo se empleó la metodología de NIOSH 1501, con una modificación en el tiempo de muestreo, extendiéndolo a 24 horas. Se emplearon tubos de 60 x 6 mm, con relleno de carbón activado para absorción de los analitos.

Se emplearon dos bombas con caudales de 200 y 250 ml/minuto, según el sitio de muestreo.

La determinación analítica de los contaminantes se realizó por cromatografía gaseosa con equipo Agilent 6890, con detector de espectrometría de masa Agilent modelo 5973N

Las calibraciones se realizaron con gas patrón certificado de trazabilidad internacional, con una concentración de 1 ppm de BTEX, en balance Nitrógeno.

Los límites de detección fueron: Benceno 0,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Tolueno 0,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Etilbenceno 0,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y o-Xileno 0,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2.4. Marco Normativo y de referencia

La tabla B del Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley Provincial 5965 establece los siguientes niveles guías:

- Benceno: 0,096 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1 año
- Tolueno: 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 8 horas
- Xilenos: 5200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 8 horas

Las "Guías de Calidad de aire para Europa" no establecen valores de referencia para sustancias cancerígenas (Benceno). Para Tolueno sugiere un nivel guía de: 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - para 1 semana y no evalúa etilbenceno ni Xileno.

Por otra parte la Comunidad Europea establece para sus países miembros un estándar de calidad de aire para Benceno de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1 año de exposición.

3.2.5. Resultados

Sobre un total de 30 análisis realizados, 27 en Ingeniero White y 3 en Villa Delfina, se observa:

El 73,3 % de los valores de Benceno resultaron no detectables, los restantes oscilaron entre un mínimo de 0,42 y un máximo de 1,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Son muy pocos valores para obtener un promedio anual y además existen limitaciones metodológicas en cuanto al límite de detección respecto al nivel guía provincial. Los valores puntuales obtenidos muestran que, de persistir en los mismos rangos de valores, el promedio anual estaría por encima de la guía provincial y por debajo del estándar de calidad de aire de la Comunidad Europea. Los resultados del presente trabajo se acercan más a los valores típicos para zonas rurales que a los reportados para zonas urbanas, de acuerdo al informe de la OMS señalado en el apartado 3.2.1

En cuanto al Tolueno, el 60 % de los valores resultaron no detectables, los restantes oscilaron entre un mínimo de 0,75 y un máximo de 5,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Los valores detectados estuvieron entre 2 y 3 órdenes de magnitud por debajo de los niveles guía de referencia. Respecto a los niveles característicos indicados por la OMS, los valores obtenidos son similares a los referidos para zonas rurales.

Por su parte para el Etilbenceno, el 93,3 % de los valores resultaron no detectables. Los dos datos detectados oscilaron entre 0,66 y 0,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el o-Xileno, el 70 % de los valores resultaron no detectables. Los restantes oscilaron entre un mínimo de 0,74 y un máximo de 5,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El máximo valor obtenido está 3 órdenes de magnitud por debajo del nivel guía.

3.2.6. Conclusiones

Si bien son las primeras determinaciones realizadas, las mismas permitieron establecer en qué situación de base nos encontramos, para dar continuidad y realizar la mejoras necesarias al programa de monitoreo

4. Deposición Atmosférica de metales pesados

4.1. Introducción

En las últimas décadas ha sido importante el auge sobre la investigación del transporte atmosférico de sustancias contaminantes y los efectos sobre la salud y el medio ambiente. Muchos países ya cuentan con planes de monitoreo y cálculos de las tasas de deposición para diferentes contaminantes atmosféricos: metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles, amonio, sulfatos, entre otros.

La presencia de metales disueltos en el agua del estuario, no han podido corresponderse directamente con los niveles de metales en las descargas industriales, cloacales y pluviales, razón

por la cual se atribuiría este incremento a un posible origen atmosférico. Esta hipótesis se refuerza al considerar aquellos metales en donde sus concentraciones han resultado elevadas en todos los sitios de monitoreos, sugiriendo un ingreso multipuntual difuso o atmosférico de metales al estuario.

Por esta razón, se continuó con el programa de Monitoreo de la Deposición Atmosférica Total (seca y húmeda), para determinar la Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) de metales para la ciudad de Bahía Blanca y poder estimar el impacto que esta fuente tiene sobre la ciudad, y su estuario. Paralelamente, se iniciaron los primeros monitoreos de Deposición Atmosférica Húmeda (lluvia) para la determinación específica de Mercurio, ya que la metodología de muestreo empleada en la recolección total no es la apropiada para realizar la cuantificación de este metal. Esta nueva metodología aún está en fase de ajuste y puesta a punto.

4.2. Objetivos

Evaluar el aporte de metales vía de deposición atmosférica en el área de Bahía Blanca.

4.3. Deposición Atmosférica Total

4.3.1. Técnica de muestreo

Se adoptó como técnica de muestreo, el Método Estándar para la Recolección y Medición de la Precipitación de Polvo (Material Particulado Sedimentable), descrito por la Norma ASTM D 1739-98, con una modificación al mismo, consistente en un período de muestreo de 120 días.

El período de monitoreo transcurrió desde diciembre/2015 a diciembre/2016.

Los recipientes utilizados para la recolección de la muestra son de PVC, de un diámetro interno de 15,35 cm, ubicados a 2 metros sobre el nivel del suelo. Cumplido cada trimestre de muestreo, las paredes del recipiente y el fondo eran removidos con cepillo de cerdas, y enjuagados con agua tridestilada, que se recolectaba en frascos de vidrio color caramelo y se almacenaban acondicionadas en heladera hasta su procesamiento analítico.

Con una estación meteOrológica (EM) propia, marca Davis, modelo Vantage Pro2 se registraron las direcciones de viento durante el periodo de muestreo.

4.3.2. Técnica analítica

Pretratamiento:

Las muestras compuestas por agua y sólidos sedimentados, fueron llevadas a sequedad en estufa (40 °C). Luego, el residuo seco total disponible de cada muestra fue tratado con un digestor de

microondas MARS-5 de última generación, CEM Corporation, USA, empleando ácido nítrico pro-análisis Merck, según norma US EPA SW-3052 (potencia: 400 W; Presión (máx.): 800 psi; Temperatura (máx): 200 ° C; tiempo: 15 min.).

Análisis químico/ Instrumental:

Las determinaciones de metales fueron realizadas utilizando un Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES), Shimadzu 9000 Simultáneo de Alta Resolución según norma EPA 200.7.

Los análisis se hicieron por el método de calibrado acuoso externo. En todos los casos se utilizaron patrones/ estándares certificados Chem-Lab, Zedelgem B-8210, Bélgica, de trazabilidad internacional.

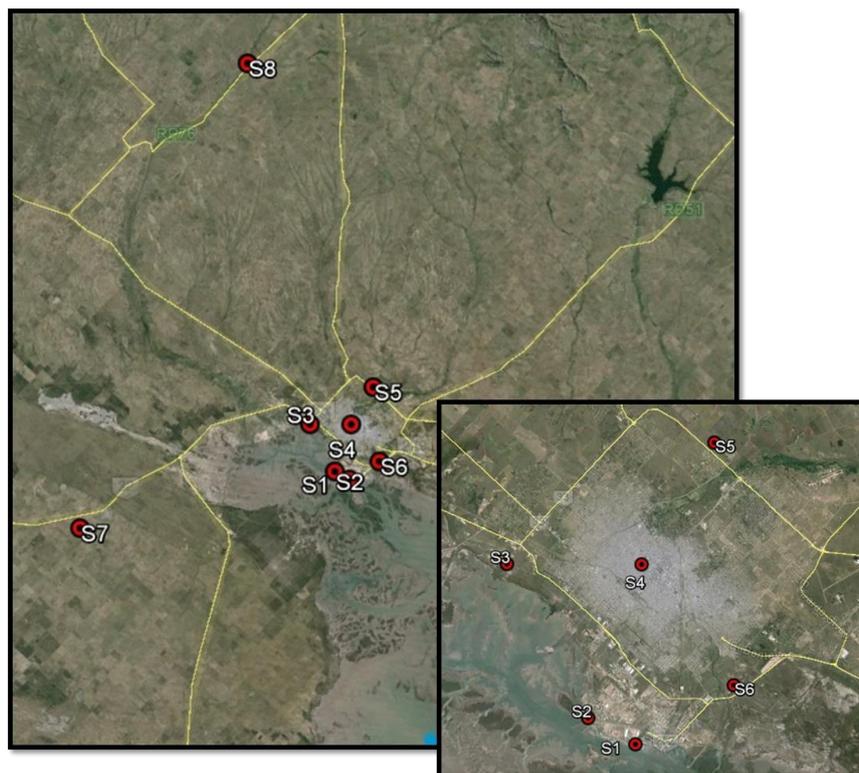
La técnica analítica descrita, fue realizada por el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Lanaqui-Cerzos-Conicet).

4.3.3. Área de estudio

Los muestreos se realizaron en 8 sitios distribuidos entre la ciudad y la región.

1. S1: Club Náutico Bahía Blanca
2. S2: Empresa Tegral – Puerto Galván
3. S3: Planta Tratamiento Cloacal – 3^{ra} Cuenca
4. S4: Vieytes 567 – Dpto. Saneamiento Ambiental
5. S5: Conicet- Cribabb Bahía Blanca
6. S6: Planta Tratamiento Cloacal – 1^{ra} Cuenca
7. S7: Termas de Médanos – Km 737 Ruta 22
8. S8: Campo a 20 Km del Pueblo Chasicó.

En el siguiente gráfico, se puede observar la ubicación de los diferentes sitios de muestreo:



Los sitios **S1** ($38^{\circ} 47' 20.89 \text{ S} - 62^{\circ} 16' 48.74 \text{ O}$) y **S2** ($38^{\circ} 46' 37.38 \text{ S} - 62^{\circ} 18' 14.39 \text{ O}$), se ubicaron sobre la costa norte del estuario, y linderos al sector del Polo Petroquímico y Área Portuaria, para evaluar posibles aportes de tipo industrial que pudieran desplazarse vía atmosférica. El sitio **S3** ($38^{\circ} 42' 48.05 \text{ S} - 62^{\circ} 20' 38.25 \text{ O}$), también sobre la zona norte del estuario pero en un área más interna del mismo, y hacia el oeste de la ciudad, menos industrializada. El sitio **S4** ($38^{\circ} 42' 53.72 \text{ S} - 62^{\circ} 16' 27.25 \text{ O}$), se estableció en el centro de la ciudad para evaluar los aportes antropogénicos, especialmente los ligados al transporte automotor. El sitio **S5** ($38^{\circ} 39' 57.81 \text{ S} - 62^{\circ} 14' 6.04 \text{ O}$), fue ubicado sobre la zona norte de la ciudad, en el cual los posibles aportes podrían generarse de las actividades provenientes de los campos de la región, un área no industrializada y de baja densidad poblacional. El sitio **S6** ($38^{\circ} 45' 54.59 \text{ S} - 62^{\circ} 13' 41.12 \text{ O}$) cubriendo la zona sureste de la ciudad en un área no urbanizada ni industrializada.

El sitio **S7** ($38^{\circ} 50' 36.10 \text{ S} - 62^{\circ} 44' 23.41 \text{ O}$) a 43 Km hacia el sector suroeste y el **S8** ($38^{\circ} 13' 49.68 \text{ S} - 62^{\circ} 25' 58.92 \text{ O}$) se ubicó a 57 Km hacia el norte de la ciudad, ambos puntos representan áreas no urbanas, ni industrializadas, con escaso tránsito y con suelos destinados a la actividad agrícola ganadera.

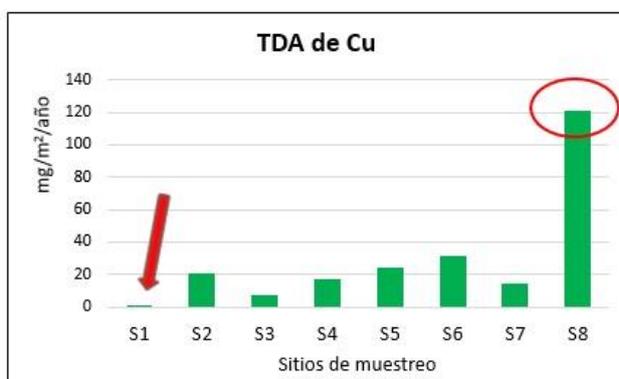
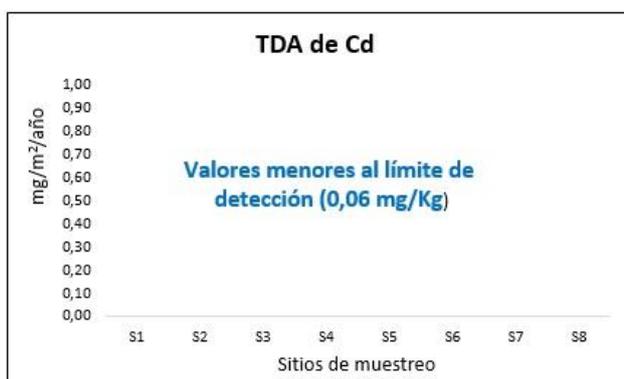
El sitio **S1**, tuvo que reubicarse 100 metros hacia el sur de su ubicación original debido a una obra en construcción que había en el club Náutico.

4.3.4. Resultados

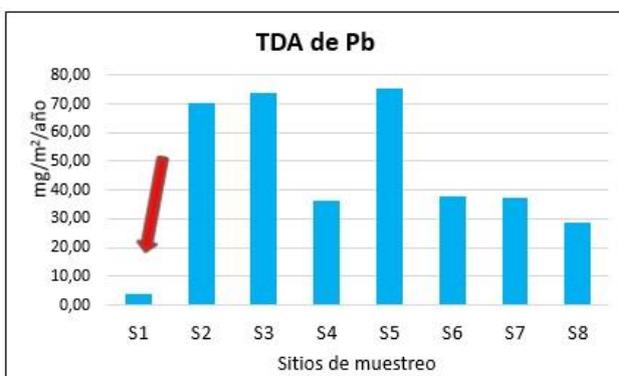
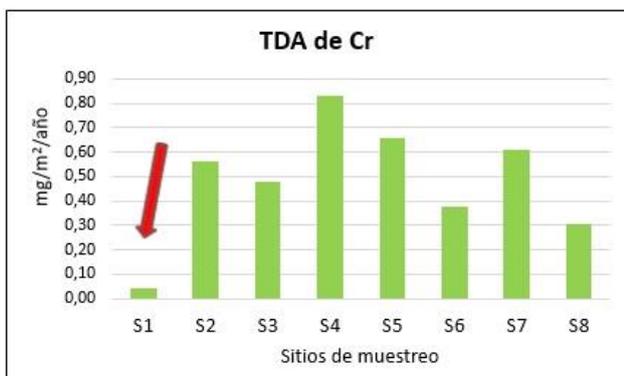
Se detectó la presencia de todos los metales en estudio en los cuatro períodos de monitoreo excepto para el Cadmio, cuyos valores resultaron menor al límite de detección.

Resultaron muy bajos los valores de deposición atmosférica en el **S1**, en comparación con otros sitios y para todos los metales en estudio. El sitio **S8** por su parte mostró una alta tasa de deposición para el Cobre, no observable en períodos anteriores. El plomo mostro deposiciones elevadas en los sitios **S2**, **S3** y **S5**, también el Zinc en el sitio **S5**.

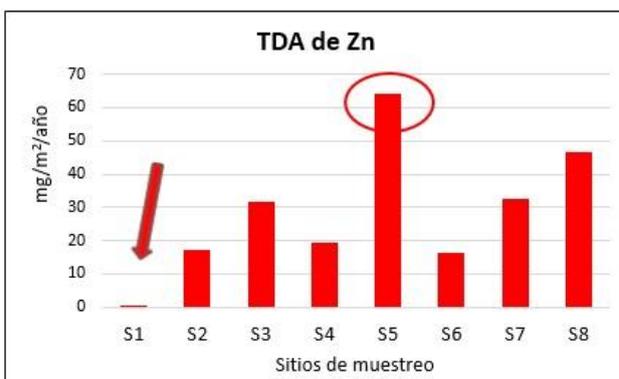
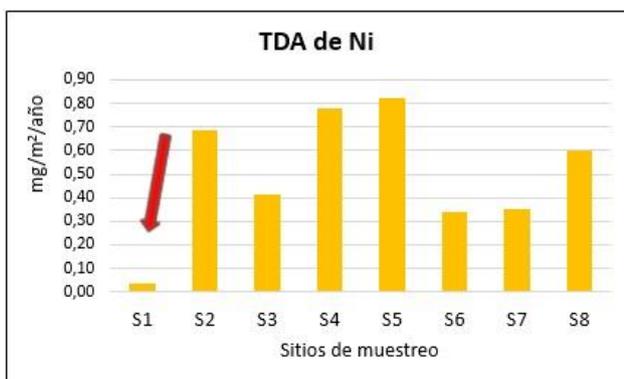
Los gráficos a continuación, muestran los valores promedios de Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) determinados durante el periodo de estudio para los sitios seleccionados.



Gráficos II y III: TDA de Cadmio y Cobre



Gráficos IV y V: TDA de cromo y plomo



Gráficos VI y VII: TDA níquel y Zinc

La tabla a continuación muestra los valores de TDA expresadas en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$ para los 3 últimos períodos de monitoreo. Estos valores representan el promedio general de cada metal para el área en estudio.

	Tasa de Deposición Atmosférica ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$)					
	Cd	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn
2013-2014	0,09	1,53	1,38	67,4	37,4	67,5
2014-2015	< 0,06	0,83	0,76	29,20	49,44	43,30
2015-2016 (este informe)	< 0,06	0,48	0,50	29,43	45,52	28,53

4.4. Deposición Atmosférica Húmeda (lluvia)

4.4.1. Técnica de muestreo y análisis

Se adoptó como técnica de muestreo la establecida por la NADP-MDN (National Atmospheric Deposition Program – Mercury Deposition Network). El método para la preparación de la cristalería es una modificación del método de la USEPA 1669.

Para el muestreo de lluvia se emplean botellas de vidrio de bOrosilicato, previamente lavadas con ácido clorhídrico al 30%, enjuagadas con agua tridestilada y secadas en estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas.

Las botellas se exponen minutos antes o durante el comienzo inmediato de la precipitación, para evitar la exposición al aire y los aportes de la deposición seca. Se recolectan los primeros milimetrajés de lluvia, preferentemente <10 mm. La muestra es posteriormente trasladada al laboratorio del CTE, donde se realiza la determinación analítica de Mercurio.

Se emplea para la determinación de Mercurio, la metodología EPA 7473, utilizando un equipo DMA (Direct Mercury Analyzer) Milestone, el mismo realiza una descomposición térmica de la muestra, con posterior amalgamación del Mercurio con Oro, un paso de desorción y finalmente lectura por espectrofotometría de absorción atómica (AAS).

Asimismo la medición de pH se realiza en el laboratorio siguiendo la metodología SM 4500 H+ B, empleando peachímetro de mesada con electrodo de vidrio marca Orion modelo 710a.

4.4.2. Resultados

Los primeros muestreos se iniciaron en septiembre del 2015, y hasta finales del 2016 se recolectaron 19 muestras de agua de lluvia. El sitio de recolección fue en la terraza del Comité Técnico, ubicado en calle San Martín 3474 de Ingeniero White.

En la Tabla II a continuación se pueden observar los resultados obtenidos durante el período 2015/2016.

Muestra	Fecha	Precipitación (mm)	pH	Concentración Hg ($\mu\text{g/L}$)	Deposición Hg ($\mu\text{g/m}^2$)
1	07/09/2015	4,6	7,1	0,199	0,92
2	21/09/2015	2,1	6	- nd -	- nd -
3	01/10/2015	12	6,8	- nd -	- nd -
4	01/10/2015	2,2	6,1	- nd -	- nd -
5	05/10/2015	3,0	6,3	- nd -	- nd -
6	14/10/2015	3,0	6,6	1,314	3,94
7	14/10/2015	1,4	6,6	0,400	0,56
8	22/10/2015	1,4	7,3	0,249	0,35
9	28/10/2015	6,6	6,3	- nd -	- nd -
10	16/11/2015	2,2	6,9	0,735	1,62
11	25/11/2015	4,8	5,5	0,611	2,93
12	03/12/2015	13,2	6	- nd -	- nd -
13	18/02/2016	2,5	6	0,167	0,42
14	17/03/2016	4,4	6	0,305	1,34
15	31/03/2016	10,0	5,5	- nd -	- nd -
16	13/04/2016	6,2	7	- nd -	- nd -
17	08/11/2016	0,8	6,2	0,296	0,24
18	09/11/2016	6,0	6,5	0,111	0,67
19	07/12/2016	0,8	6,8	0,329	0,26

Tabla II: pH y Deposición de Mercurio en agua de lluvia. (-nd: no detectable)

Los valores de pH promediaron un registro de 6,4 upH, con mínimo y máximo de 5,5 y 7,3 upH respectivamente.

Los registros de Deposición de Mercurio fueron muy variables, con valores entre no detectables a 3,94 $\mu\text{g/m}^2$. La acumulación total de Mercurio fue de 13,24 $\mu\text{g/m}^2$ para el período de monitoreo Sep 2015-Dic 2016.

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos en otras ciudades del mundo, para diferentes períodos de monitoreo.

Comparación con otras áreas del contenido de Mercurio en las Deposiciones Húmedas ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)		
Ciudad y periodo	Hg deposición	Referencia
Poznań, Polonia. (Ab. 2013 - Oc. 2014)	3,6	Siudek <i>et al.</i> (2016)
Gdynia, Polonia (2008)	4,0	Siudek <i>et al.</i> (2015)
Katowice, Polonia (2008)	28,7	Siudek <i>et al.</i> (2014)
New Hampshire, EEUU (Ene.2008 - Dic. 2008)	9,6	Lombard <i>et al.</i> (2011)
Chongqing, China (Jun. 2010 - Jul. 2011)	28,7	Wang <i>et al.</i> (2014)
Wujiang River, China (2006)	34,7	Guo <i>et al.</i> (2008)
Florida, EEUU (2016)	14,5	NADP
Kansas, EEUU (2016)	6,64	NADP
Alberta, Canada (2016)	2,6	NADP
Bahía Blanca, Argentina (Sep. 2015- Dic. 2016)	13,24	Este informe

4.4.3. Conclusiones

Deposición Atmosférica Total (seca/húmeda)

Los valores de este período son muy similares e inferiores los informados en el período anterior.

Nuevamente, los valores de Cadmio resultaron menores al límite de detección (0,06 mg/kg).

Si bien el transporte de contaminantes atmosféricos contribuye con el aporte de metales sobre el área de estudio, una hipótesis era que las emisiones de la ciudad de Bahía Blanca, originadas del transporte automotor, domiciliarias e industrias menores, junto con las generadas desde sector industrial y portuario, incrementarían los valores de metales en los sitios más cercanos a las fuentes mencionadas. Pero como puede observarse en los gráficos, los sitios 7 y 8 alejados de la ciudad y del área industrializada, han mostrado tasas de deposición en los mismos órdenes de magnitud que los sitios restantes, esto refuerza el concepto que el fenómeno de Deposición Atmosférica se manifiesta a grandes escalas espaciales.

Deposición Atmosférica Húmeda (lluvia)

Estos son los primeros resultados de Deposición Atmosférica de Mercurio obtenidos en el área de Ingeniero White, los mismos permiten establecer en qué situación de base nos encontramos, para dar continuidad y realizar las mejoras necesarias al programa de monitoreo.

5. Conclusiones Generales del Subprograma

Los resultados obtenidos en el monitoreo de calidad de aire de contaminantes básicos, durante el período analizado indican que: el Monóxido de Carbono (CO), el Dióxido de Azufre (SO₂), y Ozono (O₃) no han superado los límites establecidos por la legislación vigente. El Material Particulado en Suspensión (PM₁₀) se ha mantenido en valores similares a los 2 años anteriores y por debajo de



los registros del período 2004-2013. Comparando los promedios entre ambas estaciones se observa, al igual que en años anteriores, un mayor promedio en la EMCABB I respecto a la EMCABB II. Los promedios horarios de Óxidos de Nitrógeno, durante el año 2016, han superado la norma en un 0,20%, similar al porcentaje de años anteriores.

El monitoreo de PM_{2.5} muestra también valores similares a años anteriores y se pudo obtener un factor de relación PM_{2.5}/PM₁₀, que es inferior a las reportadas en otras ciudades en promedio y que presenta una alta variabilidad.

Nuevamente se observa que existe una deposición atmosférica, y un transporte atmosférico de contaminantes que impactan sobre la ciudad y estuario. Además, se muestran los primeros resultados de deposición atmosférica de Mercurio. No existe legislación nacional o internacional para poder realizar comparaciones con los registros obtenidos.

Se realizan por primera vez monitoreos de contaminantes específicos en calidad de aire. Se presentan resultados de Screening para Mercurio y BTEX. Se comparan los resultados con Normativas Provinciales y Europeas.

El programa se desarrolló satisfactoriamente, dando continuidad a los monitoreos de contaminantes básicos, al proyecto de caracterización de material particulado y de aseguramiento de la calidad de los monitoreos; y a la continuidad del programa de monitoreo de deposición atmosférica de contaminante.



ANEXO

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Atmósfera

RESULTADOS EMCABB I

Tabla I Monóxido de Carbono (ppm) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	0,77	1,07	0,69	1,59	1,65	2,44	1,30	1,80	2,57	1,18	0,88	1,69
promedio	0,26	0,16	0,14	0,07	0,21	0,25	0,22	0,14	0,18	0,12	0,08	0,13
mediana	0,26	0,17	0,12	0,07	0,15	0,19	0,22	0,10	0,14	0,11	0,06	0,09
mínimo	0,09	<LD	<LD	<LD	<LD	0,04	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
varianza	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02
desv estándar	0,08	0,10	0,09	0,13	0,18	0,26	0,18	0,15	0,18	0,08	0,07	0,14
rango	0,68	1,05	0,66	1,57	1,63	2,40	1,28	1,78	2,54	1,15	0,86	1,67
numero de datos	684	636	734	715	734	718	715	741	703	721	697	729
rango inter	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10	0,13	0,29	0,11	0,10	0,09	0,08	0,11
cv	29,81	60,96	62,53	222,2	87,87	90,9	83,19	108,48	125,0	64,80	250,00	107,08
coef. Skew	0,92	1,72	1,55	5,34	3,03	4,10	1,31	4,57	6,93	4,43	3,68	5,66
coef. Kurt	4,26	12,15	4,20	44,28	12,45	21,28	3,72	31,85	65,75	46,18	32,75	47,40
percentiles												
10	0,17	0,03	0,04	0,03	0,07	0,10	0,03	0,04	0,08	0,05	<LD	0,04
25	0,21	0,08	0,08	0,03	0,12	0,13	0,04	0,06	0,10	0,07	0,04	0,05
50	0,26	0,17	0,12	0,07	0,15	0,19	0,22	0,10	0,14	0,11	0,06	0,09
75	0,31	0,22	0,18	0,13	0,22	0,26	0,33	0,17	0,20	0,16	0,12	0,16
90	0,35	0,26	0,24	0,21	0,39	0,43	0,43	0,26	0,27	0,19	0,16	0,21
95	0,38	0,29	0,30	0,29	0,58	0,67	0,51	0,36	0,37	0,25	0,19	0,27
99	0,47	0,43	0,44	0,69	0,98	1,54	0,85	0,76	0,86	0,40	0,29	0,69
99,99	0,76	1,04	0,68	1,58	1,62	2,41	1,29	1,77	2,52	1,13	0,85	1,67

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.



Tabla II Dióxido de Azufre (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	0,8	2,1	2,0	10,8	7,0	19,3	13,2	13,6	12,7	7,2	13,6	17,2
promedio	0,5	0,6	0,5	1,0	1,0	1,7	1,5	2,1	1,4	0,9	1,0	1,2
mediana	0,5	0,5	0,4	0,8	0,8	0,9	0,7	1,1	0,9	0,6	0,6	0,6
mínimo	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4	0,4	0,3
varianza	0,0	0,0	0,0	1,8	0,6	6,6	5,0	7,0	2,0	0,8	2,1	2,5
desv estándar	0,1	0,2	0,2	1,3	0,8	2,6	2,2	2,7	1,4	0,9	1,4	1,6
rango	0,5	2,7	2,2	11,9	13,5	24,0	18,6	20,3	16,0	8,8	18,5	16,9
numero de datos	693	676	735	715	732	716	710	740	589	587	674	728
rango inter	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	0,8	1,3	0,6	0,2	0,4	0,5
cv	13,3	31,1	36,2	129,9	78,1	151,0	150,3	126,6	99,7	98,4	147,0	136,1
coef. Skew	1,4	6,9	5,6	5,5	8,5	4,9	3,6	3,0	4,5	4,7	8,0	4,4
coef. Kurt	5,8	70,6	55,6	32,5	115,8	28,8	15,6	10,1	30,7	27,7	81,1	25,9
percentiles												
10	0,4	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,5	0,4	0,4
25	0,5	0,5	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5
50	0,5	0,5	0,4	0,8	0,8	0,9	0,7	1,1	0,9	0,6	0,6	0,6
75	0,5	0,6	0,5	1,0	1,0	1,6	1,3	2,0	1,4	0,8	0,9	1,0
90	0,6	0,7	0,6	1,2	1,5	3,2	3,6	5,0	2,7	1,5	1,6	2,3
95	0,6	0,8	0,7	1,9	2,1	5,7	6,2	7,7	4,6	2,3	2,3	4,3
99	0,7	1,3	1,1	9,0	3,4	14,1	10,8	13,1	6,8	5,3	6,6	7,8
99,99	0,9	3,0	2,5	12,2	13,6	24,2	18,8	20,4	16,3	9,1	18,9	16,9

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

Nota: Los valores corresponden a cálculos en base a datos promedio de una hora, a excepción del máximo que corresponde a 3 horas.



Tabla III Óxidos de nitrógeno NOx (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	76,0	113,9	116,0	258,0	367,6	273,7	183,7	355,4	262,5	125,3	58,7	64,7
promedio	7,4	9,0	14,2	14,7	21,9	21,9	17,9	14,1	14,9	8,2	6,2	5,7
mediana	3,6	5,4	9,7	7,0	10,5	11,1	10,7	7,1	8,0	5,5	4,0	3,8
mínimo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
varianza	102,0	141,2	214,8	590,2	1190,3	1110,7	514,2	607,5	575,0	114,9	54,9	43,6
desv estándar	10,1	11,9	14,7	24,3	34,5	33,3	22,7	24,6	24,0	10,7	7,4	6,6
rango	75,8	113,7	115,8	257,8	367,4	273,5	183,5	355,2	262,3	125,1	58,5	64,5
numero de datos	690	675	732	715	731	716	712	740	700	717	693	727
rango inter	7,9	9,0	12,8	14,0	23,3	21,0	20,0	14,9	13,1	8,3	6,7	6,0
cv	136,8	131,9	103,0	165,8	157,8	152,1	126,5	174,6	160,7	131,3	119,8	116,8
coef. Skew	2,8	3,8	2,7	4,5	4,4	3,6	3,1	6,3	4,8	4,5	3,0	3,5
coef. Kurt	10,2	21,6	10,3	28,0	28,1	16,2	14,2	63,0	32,4	33,7	12,9	20,4
percentiles												
10	0,3	0,6	2,0	0,6	0,9	1,1	0,6	0,3	1,0	0,8	0,3	0,6
25	1,4	2,1	5,1	2,3	3,7	4,4	3,4	2,0	3,3	2,0	1,4	1,5
50	3,6	5,4	9,7	7,0	10,5	11,1	10,7	7,1	8,0	5,5	4,0	3,8
75	9,3	11,1	17,9	16,3	27,0	25,3	23,4	16,9	16,4	10,3	8,1	7,5
90	18,8	21,2	32,3	32,7	57,2	49,5	42,0	32,2	34,2	17,6	13,5	12,4
95	28,0	28,0	40,0	52,2	76,1	75,4	59,2	47,8	54,3	25,8	20,3	17,0
99	49,0	66,3	75,3	127,8	184,3	172,9	102,3	106,6	121,3	48,9	38,6	28,0
99,99	75,8	113,1	114,9	253,7	360,9	271,0	183,4	344,6	258,6	123,8	58,5	64,1

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

Tabla IV Dióxido de nitrógeno NO₂ (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	27,4	30,6	39,8	77,8	82,6	43,5	44,3	56,6	42,7	36,2	25,3	33,7
promedio	4,4	5,0	7,4	7,1	8,4	8,4	8,7	7,4	7,6	4,9	3,9	3,9
mediana	3,0	4,1	6,1	5,0	6,5	6,6	7,0	5,4	5,6	3,8	3,1	3,0
mínimo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
varianza	19,0	18,0	32,0	61,6	68,2	56,4	45,9	51,6	48,6	19,1	13,1	14,5
desv estándar	4,4	4,2	5,7	7,8	8,3	7,5	6,8	7,2	7,0	4,4	3,6	3,8
rango	27,2	30,4	39,6	77,6	82,4	43,3	44,1	56,4	42,5	36,0	25,1	33,5
numero de datos	690	675	732	715	731	716	712	740	700	717	693	727
rango inter	4,4	4,7	7,0	7,3	9,2	8,3	8,8	8,9	7,6	5,0	4,1	3,8
cv	100,3	85,4	76,0	110,1	98,7	89,3	77,5	97,4	92,1	88,4	92,0	98,2
coef. Skew	2,1	1,9	1,4	3,6	2,5	1,7	1,3	1,7	1,8	2,0	1,9	2,9
coef. Kurt	5,5	5,7	3,2	23,3	12,5	3,9	2,6	4,5	3,9	6,8	5,2	14,0
percentiles												
10	0,3	0,7	1,4	0,6	0,7	0,9	1,3	0,4	1,1	0,8	0,4	0,7
25	1,4	1,9	3,3	2,0	2,5	3,0	3,8	1,8	2,6	1,7	1,3	1,3
50	3,0	4,1	6,1	5,0	6,5	6,6	7,0	5,4	5,6	3,8	3,1	3,0
75	5,8	6,6	10,3	9,3	11,7	11,3	12,6	10,7	10,2	6,7	5,4	5,1
90	9,5	10,4	14,7	15,7	18,0	17,6	17,6	16,6	16,7	10,3	8,6	8,1
95	12,7	12,5	17,7	20,1	21,6	22,4	20,9	21,8	22,5	13,3	11,0	10,3
99	22,4	20,1	26,7	33,5	38,1	36,3	29,3	32,4	33,7	19,8	16,5	18,5
99,99	27,3	30,5	39,4	77,5	80,4	43,4	44,2	55,1	42,7	35,7	25,2	33,5

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

Tabla V Material Particulado PM₁₀ (µg / m³) – Datos promedio de 24 horas

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	142,4	80,3	166,7	76,1	80,6	107,2	72,7	147,8	165,4	142,9	130,0	271,9
promedio	50,5	I	57,7	29,4	30,3	36,2	36,0	58,1	59,3	37,8	59,4	I
mediana	38,2	33,0	46,9	27,2	24,1	29,8	33,2	57,5	50,3	33,6	49,9	44,5
mínimo	16,5	10,8	19,8	7,7	5,9	4,1	8,0	7,7	18,7	8,8	12,9	18,8
varianza	1138,9	301,5	1262,5	297,0	362,1	539,3	368,9	1299,0	1615,1	737,0	1291,9	9298,9
desv estándar	33,7	17,4	35,5	17,2	19,0	23,2	19,2	36,0	40,2	27,1	35,9	96,4
rango	125,9	69,6	147,0	68,4	74,8	103,1	64,7	140,0	146,7	134,2	117,2	253,1
numero de datos	24	16	27	29	28	30	26	28	26	30	28	12
rango inter	30,4	19,3	30,6	22,1	27,7	29,4	29,1	40,4	49,7	23,7	57,8	71,6
cv	66,8	50,8	61,6	58,6	62,8	64,2	53,4	62,0	67,8	71,8	60,5	95,7
coef. Skew	1,5	1,0	1,8	1,0	1,0	1,0	0,2	0,9	1,1	2,4	0,6	1,3
coef. Kurt	1,6	2,2	3,4	0,4	0,2	1,4	-1,0	1,0	0,5	7,1	-0,9	-0,2
percentiles												
10	19,1	12,8	24,6	12,1	12,9	9,4	11,5	10,1	24,2	17,2	21,6	21,7
25	25,5	22,8	34,2	15,4	15,3	22,6	21,9	31,6	30,9	20,0	33,5	35,5
50	38,2	33,0	46,9	27,2	24,1	29,8	33,2	57,5	50,3	33,6	49,9	44,5
75	55,9	42,1	64,8	37,4	43,0	52,0	51,0	72,0	80,6	43,8	91,3	107,0
90	98,7	49,1	93,9	56,1	55,0	64,7	61,5	94,9	118,9	56,9	113,7	255,0
95	112,5	58,3	132,0	56,9	62,7	67,3	68,0	129,2	138,6	87,4	123,0	264,7
99	136,0	75,9	161,8	70,9	76,9	95,9	72,0	146,9	159,9	128,3	129,2	270,5
99,99	142,3	80,3	166,7	76,1	80,6	107,1	72,7	147,7	165,4	142,8	130,0	271,9

Referencias:

LD: Límite de detección de 2,5 µg/m³.

I: Insuficientes datos para promediar.



Tabla VI Ozono (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	46	36	30	33	23	48	26	34	34	37	39	54
promedio	19	18	14	12	10	8	11	15	16	17	18	22
mediana	17	17	15	12	9	7	11	16	17	17	18	19
mínimo	<LD	2	<LD	2	1							
varianza	74	47	49	40	44	43	41	61	77	48	57	102
desv estándar	9	7	7	6	7	7	6	8	9	7	8	10
rango	46	34	30	33	23	48	26	34	34	37	37	53
numero de datos	692	509	385	444	732	717	715	742	703	721	696	730
rango inter	11	9	9	10	12	11	11	12	13	10	9	15
cv	46	39	48	53	69	84	61	52	54	41	42	47
coef. Skew	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
coef. Kurt	0	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
percentiles												
10	9	8	4	2	1	<LD	1	4	3	8	9	10
25	13	13	10	7	3	2	5	9	10	12	13	14
50	17	17	15	12	9	7	11	16	17	17	18	19
75	24	22	19	17	15	13	16	21	23	22	22	29
90	31	26	24	20	20	17	19	25	27	26	29	36
95	34	29	26	21	21	19	21	27	29	28	32	41
99	39	34	28	23	23	23	23	31	33	30	36	44
99,99	46	36	30	33	23	47	26	34	34	37	39	54

Referencias:

LD: Límite de detección de 1 ppb.

RESULTADOS EMCABB II

Tabla VII Dióxido de Azufre (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	1,7	6,7	2,6	5,4	3,6	7,0	4,7	5,7	3,7	4,2	10,0	21,6
promedio	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	1,5	1,8
mediana	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,0	0,9	0,5	0,6	0,5	1,1	1,2
mínimo	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4
varianza	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	0,6	0,1	0,1	1,6	5,1
desv estándar	0,1	0,5	0,3	0,4	0,3	0,7	0,5	0,7	0,4	0,3	1,3	2,3
rango	1,3	6,4	2,2	5,0	3,1	6,5	4,3	5,3	3,3	3,8	9,4	21,2
numero de datos	690	677	640	720	730	697	730	580	670	540	677	650
rango inter	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	0,0	0,5	1,0
cv	20,6	79,6	43,9	56,7	39,6	67,9	57,0	105,1	53,6	52,5	85,1	124,0
coef. Skew	4,8	9,9	6,2	5,9	7,4	5,7	2,5	4,5	5,0	10,2	5,4	6,6
coef. Kurt	54,7	125,5	61,0	42,0	103,0	43,7	12,9	27,5	34,8	125,0	38,5	64,8
percentiles												
10	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,9	0,7
25	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,4	0,4	0,5	0,5	1,0	0,9
50	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,0	0,9	0,5	0,6	0,5	1,1	1,2
75	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,1	0,6	0,7	0,5	1,5	1,9
90	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,5	1,4	1,4	0,9	0,8	2,1	3,2
95	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,9	1,7	2,1	1,2	0,9	3,0	4,9
99	0,9	2,5	1,9	3,1	1,7	4,9	3,0	4,0	2,3	1,1	7,7	10,4
99,99	2,3	8,4	4,5	5,4	5,7	9,1	5,2	8,1	4,3	4,9	14,5	31,1

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

Nota: Los valores corresponden a cálculos en base a datos promedio de una hora, a excepción del máximo que corresponde a 3 horas.

Tabla VIII Material Particulado PM₁₀ (µg /m³) – Datos promedio de 24 horas

Año 2016	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	126,7	55,2	95,5	54,3			64,6	100,8	120,4		101,5	204,3
promedio	37,3	26,3	39,3	21,8			35,0	41,0	62,0		53,6	72,7
mediana	34,6	25,1	35,0	18,9			31,6	33,8	52,6		47,3	60,9
mínimo	18,7	11,2	20,4	8,1			18,5	10,1	15,4		23,7	25,1
varianza	423,4	114,4	371,5	120,3			153,6	578,8	754,9		647,0	1456,0
desv estándar	20,6	10,7	19,3	11,0			12,4	24,1	27,5		25,4	38,2
rango	107,9	44,0	75,1	46,3			46,1	90,8	105,0		77,7	179,3
numero de datos	29	28	26	30	5	6	28	22	25	20	25	30
rango inter	19,4	8,7	20,0	10,1			18,1	25,6	31,7		47,4	52,9
cv	55,2	40,7	49,0	50,3			35,4	58,7	44,3		47,5	52,5
coef. Skew	3,0	1,3	1,6	1,5			0,7	1,2	0,9		0,6	1,6
coef. Kurt	12,6	1,7	2,4	2,1			-0,4	1,0	0,6		-1,2	3,9
percentiles												
10	21,4	14,6	21,6	12,4			21,3	22,7	26,6		29,0	34,2
25	23,4	20,0	25,6	14,9			25,3	27,1	35,6		33,8	42,1
50	34,6	25,1	35,0	18,9			31,6	33,8	52,6		47,3	60,9
75	42,8	28,6	45,6	25,0			43,3	52,7	67,3		81,2	94,9
90	53,0	39,3	61,1	36,2			53,2	80,1	94,3		92,2	116,7
95	55,0	49,8	80,1	44,9			54,7	91,4	112,9		95,8	118,9
99	106,9	54,2	93,1	52,1			62,1	99,0	119,0		100,3	180,0
99,99	126,5	55,2	95,5	54,3			64,6	100,8	120,4		101,5	204,1

Referencias:

LD: Límite de detección de 2,5 µg/m³.

I: Insuficientes datos para promediar.