



**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 2017.



## Resumen del Plan de Trabajo

Este informe presenta el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM-10), 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 2017. En la EMCABB II se instaló, a fines del año 2016 un nuevo analizador de PM-10 y PM-2.5. Durante el año 2017 se monitoreo simultáneamente con los dos analizadores, por lo que se presentan datos de ambos monitoreos.

Se presentan los resultados de monitoreos de material particulado PM-2.5 en Ingeniero White.

Por último se muestran los resultados de los Monitoreo de Contaminantes Específicos y Deposición Atmosférica de Metales.

<b>Tareas</b>	
1. Monitoreo continuo de Contaminantes Básicos Atmosféricos .....	3
2. Muestreo y Análisis de Material Particulado PM-2.5 en Ing. White .....	16
3. Monitoreo de contaminantes específicos .....	18
4. Deposición Atmosférica de Metales Pesados.....	26
5. Conclusiones Generales del Subprograma .....	33
ANEXO .....	34

# 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.

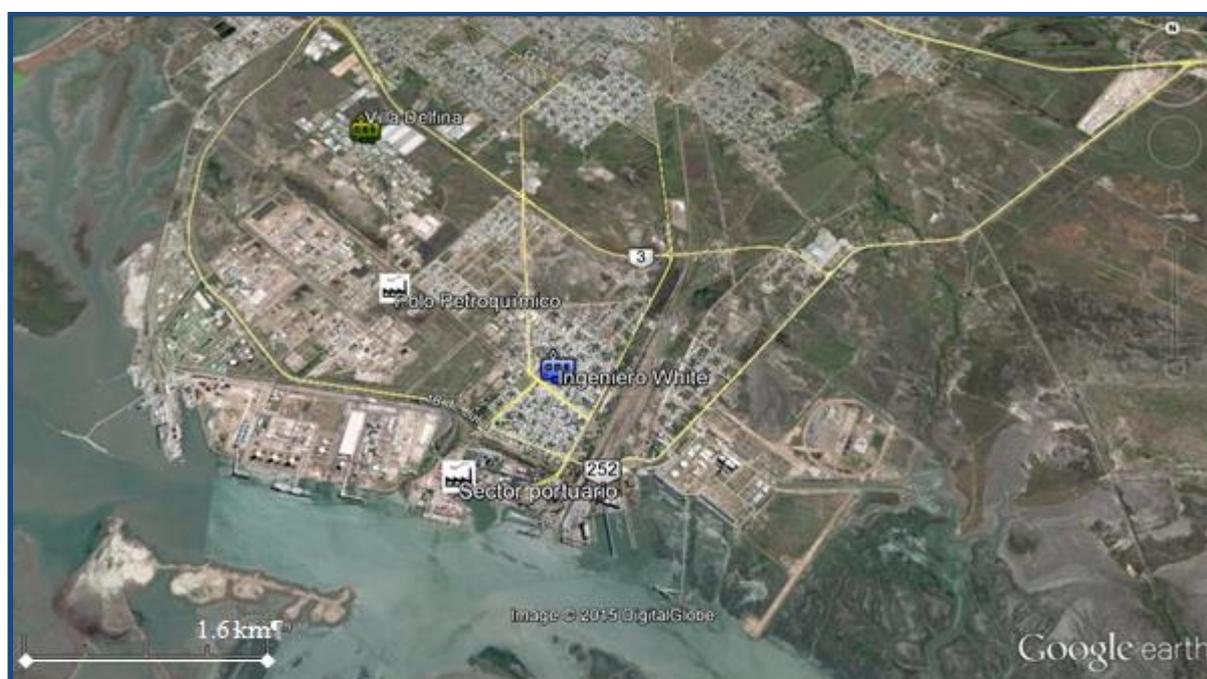
## 1.2. Metodología

### 1.2.1. Período de Monitoreo

Enero a Diciembre de 2017.

### 1.2.2. Puntos de Monitoreo

Los puntos de muestreo están ubicados en: EMCABB I Parque Industrial ( $38^{\circ} 45' 32''$  S -  $62^{\circ} 17' 08''$  O) y es representativo de Villa Delfina y EMCABB II ubicada en Ingeniero White, hasta octubre en el predio del CTE, Av. 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 PM-10, Rupprecht & Patashnik, TEOM 1400A.
- Analizador de Monóxido de Carbono - T.E.I<sup>1</sup>., modelo 48 C.
- Analizador de Dióxido de Azufre - T.S<sup>2</sup>., modelo 43i.
- Analizador de Óxidos de Nitrógeno -T.S<sup>2</sup>., modelo 42i.
- Analizador de Ozono, T.E.C<sup>3</sup>. modelo 49 C.
- Módulo para calibración compuesto por:
  - Calibrador dinámico T.S<sup>2</sup>, modelo 146 i.
  - Generador de Aire Cero, T.E.I<sup>1</sup> modelo 111.
  - Calibrador de Ozono T.E.C<sup>4</sup> modelo 49C PS.
  - Gases patrones primarios certificados.

#### EMCABB II

- Analizador de Material Particulado PM-10, T.S<sup>2</sup>. modelo TEOM 1405
- Analizador de Material Particulado PM-10-PM-2.5, T.S<sup>2</sup>. modelo TEOM 1405 FMDS
- Analizador de Dióxido de Azufre - T.S<sup>2</sup>, modelo 43i.
- Analizador de Óxidos de Nitrógeno -T.S<sup>2</sup>., modelo 42i
- Módulo para calibración compuesto por:
  - Calibrador dinámico T.S<sup>2</sup>, modelo 146 i.
  - Generador de Aire Cero, T.E.I<sup>1</sup> modelo 111.
  - Calibrador de Ozono T.E.C<sup>3</sup> modelo 49C PS.
  - Gases patrones primarios certificados

<sup>1</sup>T.E.I.: ThermoEnvironmental Instruments Inc.

<sup>2</sup> T.S. Thermo Scientific.

<sup>3</sup> 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 Pro II. 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. Se agregan además referencias de normativas de USEPA, Comunidad Europea y Guía de Calidad de Aire de la OMS.

PARAMETRO/UNIDADES	TIEMPO PROMEDIADO	TABLA A DECRETO 3395/96	Ciudad de Buenos	USEPA	Comunidad Europea	GUIA CALIDAD AIRE OMS (2005)
PM-10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24 horas	150	150	150	50	50
	1 Año	50	50	---	40	20
PM-2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24 horas	-----	65	35		25
	1 Año	-----	15	12/15(1)	25	10
CO (ppm)	1 hora	35	35	35		-----
	8 horas	9	9	9	9	-----
SO <sub>2</sub> (ppb)	10 minutos	-----				192
	3 horas	500	500	75/500 (2)	134(3)	-----
	24 horas	140	140		48	-----
	1 año	30	30			8
NO <sub>x</sub> (ppb)	1 hora	200	---			-----
	1 año	53	---			-----
NO <sub>2</sub> (ppb)	1 hora	-----	----	106	106	106
	1 año	-----	53	53	21	20
O <sub>3</sub> (ppb)	1 hora	120	120			-----
	8 horas		80	70	61	51

(1) Primario/secundario

(2) 1 hora primario/3 horas secundario

(3) 1 Hora

## 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 XII del Anexo – Atmósfera, página 35, se presenta una tabla con parámetros estadísticos para cada uno.

### 1.4.1 Monóxido de Carbono (CO) (EMCABB I)

Sobre un total de 8155 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 3,02 ppm en el mes de Julio.

### 1.4.2 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) (EMCABB I)

Sobre un total de 6175 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 35,7 ppb en el mes de Agosto. El promedio anual no fue calculado ya que no se alcanzó el número de datos suficientes (75%).

### 1.4.3 Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (EMCABB I)

Sobre un total de 8309 datos de promedios horarios, los resultados indican que la norma, para exposición de 1 hora de NO<sub>x</sub>, se superó en 16 oportunidades, en los meses de Mayo, Julio y Agosto. El máximo valor promedio horario obtenido es de 345,8 ppb en el mes de Mayo.

Fecha	Hora	NO ppb	NO2 ppb	NOX ppb
2017-05-05	07	309,8	78,2	345,8
2017-05-10	07	246,8	46,8	266,9
2017-05-10	08	199,1	34,0	233,1
2017-05-12	07	176,4	50,4	204,0
2017-07-06	20	186,1	32,2	218,8
2017-07-06	21	244,2	32,1	276,6
2017-07-07	08	211,6	58,0	248,6
2017-07-07	09	178,1	29,8	207,9
2017-07-14	07	181,3	65,7	221,7
2017-07-21	08	251,3	39,2	288,8
2017-08-02	20	199,1	35,0	234,4
2017-08-02	21	249,6	40,1	290,0
2017-08-24	08	200,2	49,0	244,1
2017-08-24	20	179,4	39,6	219,4
2017-08-24	22	197,2	36,1	233,6
2017-08-24	23	188,4	35,2	224,0

El promedio anual de NO<sub>x</sub> fue de 12,0 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 las referencias internacionales se puede observar que en ninguna oportunidad



superó la norma para 1 hora. El mayor valor promedio de 1 hora fue de 78,2 en Mayo, inferior a los indicados como valores de referencia por USEPA, Comunidad Europea y OMS.

El promedio anual de NO<sub>2</sub> fue de 6,3 ppb y estuvo por debajo de los valores de referencia.

#### 1.4.4 Material Particulado Suspendido (PM-10) (EMCABB I)

Sobre un total anual de 244 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/m<sup>3</sup>.

Fecha	PM-10 ug/m <sup>3</sup>
2017-01-06	188,1
2017-01-28	164,7
2017-07-15	264,8
2017-10-16	171,8
2017-11-25	178,3

El promedio anual no fue calculado porque no se alcanzó el porcentaje suficiente de datos (75%).

#### 1.4.5 Contaminante Ozono (O<sub>3</sub>) (EMCABB I)

Sobre un total de 8323 datos, el valor máximo obtenido para 1 hora fue de 54 ppb en el mes de Noviembre, no superando la norma de calidad de aire.

#### 1.4.6 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) (EMCABB II)

Sobre un total de 6175 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 35,7 ppb en el mes de Agosto. El promedio anual no fue calculado ya que no se alcanzó el número de datos suficientes (75%).

### 1.4.7 Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (EMCABB II)

Sobre un total de 8164 datos de promedios horarios, los resultados indican que la norma, para exposición de 1 hora de NO<sub>x</sub>, se superó en 7 oportunidades, en los meses de Julio y Agosto. El máximo valor promedio horario obtenido es de 248,1 ppb en el mes de Mayo.

Fecha	Hora	NO2 ppb	NO ppb	NOx ppb
2017-07-06	21	39,2	181,8	221,6
2017-07-10	21	46,4	190,7	236,3
2017-07-21	01	35,7	182,1	218,6
2017-08-02	21	43,5	171,5	215,7
2017-08-24	22	46,2	163,7	210,4
2017-08-24	23	47,3	197,5	245,6
2017-08-25	00	45,8	201,5	248,1

El promedio anual de NO<sub>x</sub> fue de 13,1 ppb y estuvo por debajo de la norma de calidad de aire anual.

Respecto al Dióxido de Nitrógeno el máximo promedio horario obtenido fue de 47,3 ppb, inferior a los indicados como valores de referencia por USEPA, Comunidad Europea y OMS. El promedio anual de NO<sub>2</sub> fue de 8,2 ppb y también estuvo por debajo de los valores de referencia.

### 1.4.8 Material Particulado Suspendido (PM-10) (EMCABB II)

#### 1.4.8.1 Monitoreo con equipo TEOM 1405

Sobre un total anual de 317 promedios diarios, los resultados indican que en 1 oportunidad se superó la norma para 24 horas de exposición en el mes de enero. El promedio anual fue de 36,1 µg/m<sup>3</sup>.

El máximo valor promedio diario obtenido fue de 167,4 µg/m<sup>3</sup>, en el mes de Enero, y fue el único valor que superó la norma de calidad de aire para 24 horas. El promedio anual fue de 36,1, inferior al establecido en la Norma Provincial.

#### 1.4.8.2 Monitoreo con equipo TEOM 1405 FMDS

Sobre un total anual de 299 promedios diarios, los resultados indican que en ninguna oportunidad se superó la norma para 24 horas de exposición.

El máximo valor promedio diario obtenido fue de 111,9 µg/m<sup>3</sup>, en el mes de Enero.

El promedio anual fue de  $30,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , encontrándose por debajo de la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

#### **1.4.9 Material Particulado Suspendido (PM-2.5) (EMCABB II)**

El material particulado en suspensión PM-2.5 no está regulado en la provincia de Buenos Aires. En la Tabla indicada en el punto 1.3 se muestran otras normativas de referencia.

Sobre un total anual de 299 promedios diarios, los resultados indican que en una oportunidad se superó el valor de referencia de la USEPA para 24 horas de exposición, aunque estuvo por debajo del legislado para la ciudad de Buenos Aires, en el mes de enero.

El promedio anual fue de  $13,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , encontrándose por debajo de los valores de referencia, salvo el de la OMS.

#### **1.4.10 Relación PM-10 y PM-2.5**

En muchas ciudades, cuando no se cuenta con datos de PM-2.5, se estima su concentración a partir de datos de PM-10. Para poder hacer esta estimación es necesario obtener el factor de cálculo, que es característico para cada lugar. De acuerdo a la guía de calidad de aire de la OMS 2006 para material particulado, 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 PM-10 cuando no se cuenta con un factor local específico.

Para obtener el factor local de la relación se trabajó con los datos obtenidos con el equipo Thermo TEOM 1405 FMDS que mide simultáneamente PM-10 y PM-2.5.

Como resultado promedio de todo el período, la relación PM-2.5/PM-10 fue de 0,5. Se observa una gran variabilidad, con un rango de relaciones entre 0,1 y 1. La relación es inversamente proporcional a la concentración de PM-10, así a bajas concentraciones de PM-10, la relación es cercana a 1 y a altas concentraciones es cercana a 0,1.

### **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 aportes de emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> de la Refinería en el sitio donde se encuentra la EI mientras que se observan aportes de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> provenientes de la Central Termoeléctrica (Luis Piedrabuena) en el sitio de ubicación de la EII. Por otra parte la EII está más cerca de fuentes fijas de PM-10 (ceraleras) mientras que la EI tiene mayores aportes de PM-10 por influencia de tránsito y de resuspensión de suelo proveniente de calles sin pavimentar y depósitos de áridos.

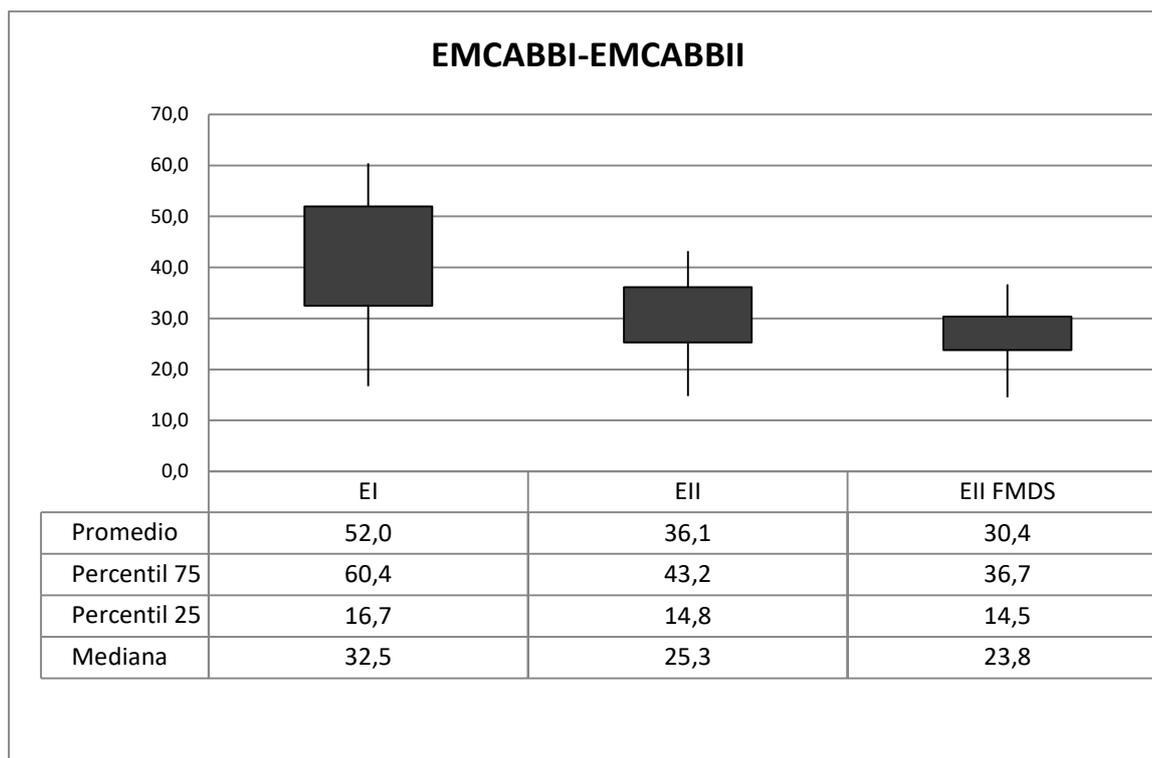
### **1.5.1 Comparación de material particulado PM-10**

Los resultados de años anteriores mostraban diferencias entre los resultados de PM-10 entre los dos sitios.

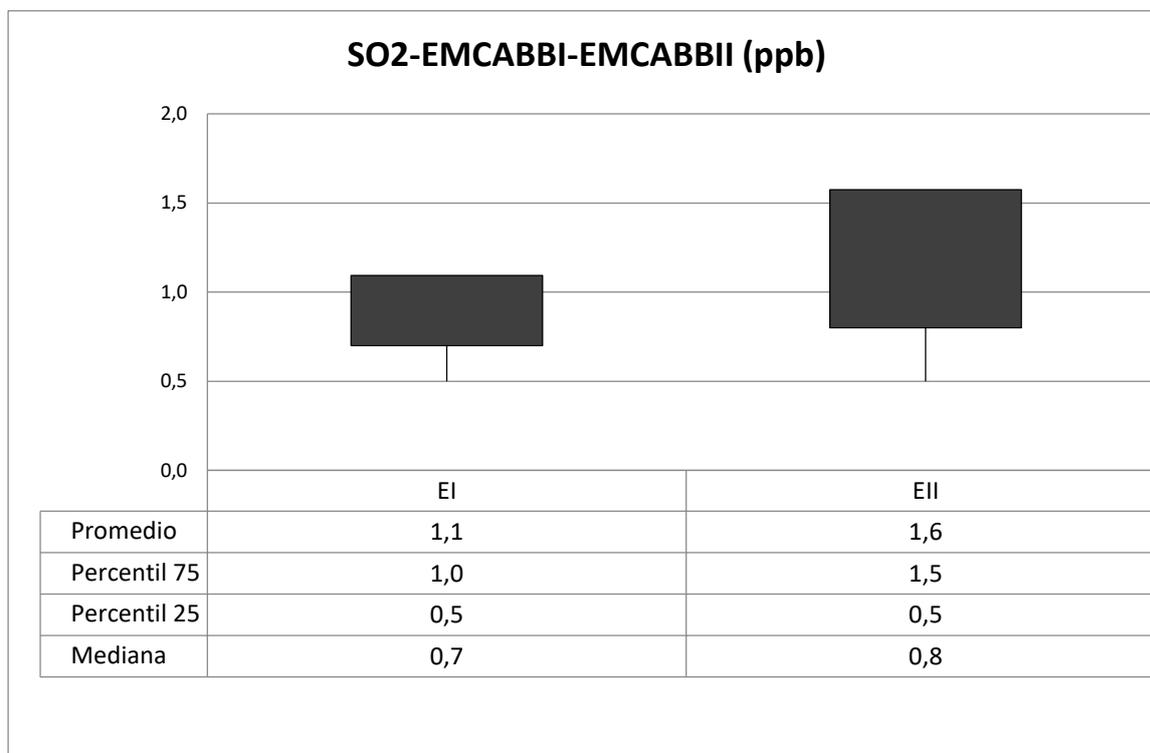
En el siguiente gráfico se muestran los promedios mensuales de PM-10 en las dos estaciones. Como se puede observar, los promedios mensuales de EI son mayores a los de EII. Las estadísticas anuales muestran las mismas tendencias.

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:

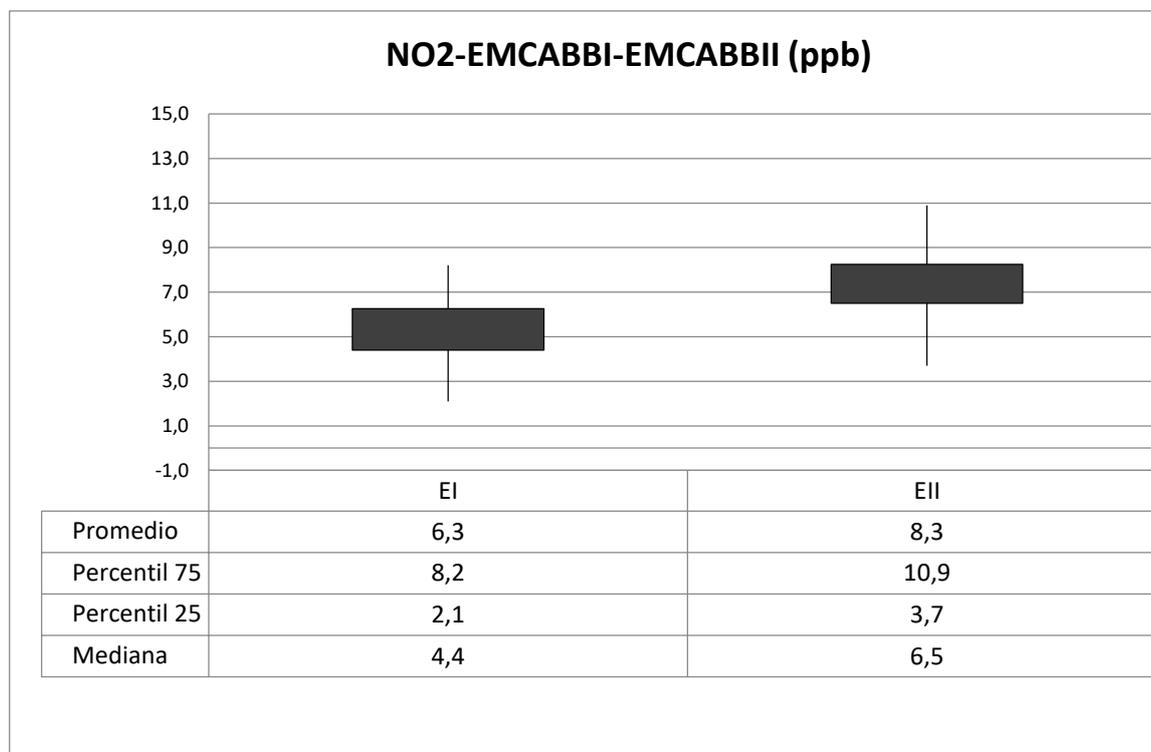
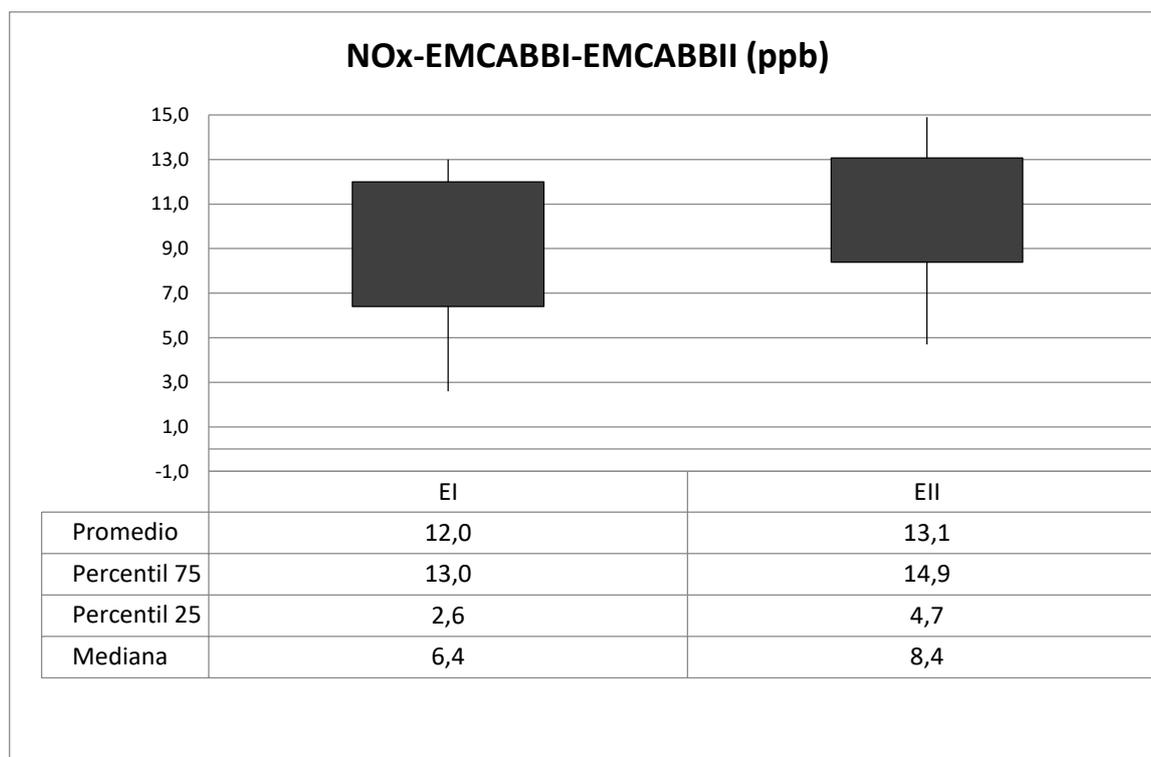


### 1.5.2 Comparación de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)



Como puede observarse en el gráfico, el promedio anual y percentil 75 resultó mayor en la EII respecto a la EI mientras que las medianas y percentiles 25 se encuentran en valores similares.

### 1.5.3 Comparación de Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub> y NO<sub>2</sub>)



De acuerdo a lo observado en los gráficos los valores de todas las variables son mayores en la EII respecto a la EI tanto para NO<sub>2</sub> como para NO<sub>x</sub>.

## 1.6 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 (SO<sub>2</sub>), y Ozono (O<sub>3</sub>) no han superado los límites establecidos por la legislación vigente.

El Material Particulado en Suspensión (PM-10) ha excedido en 5 oportunidades, durante el año 2017, 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.

De la comparación de promedios de NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> entre los 2 sitios de monitoreo se observa un promedio mayor en EMCABB II respecto a la EMCABB I.

## 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 PM-10 y PM-2.5.

**Balanza:** Microbalanza Sartorius MESF con una resolución de 1  $\mu\text{g}$  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.

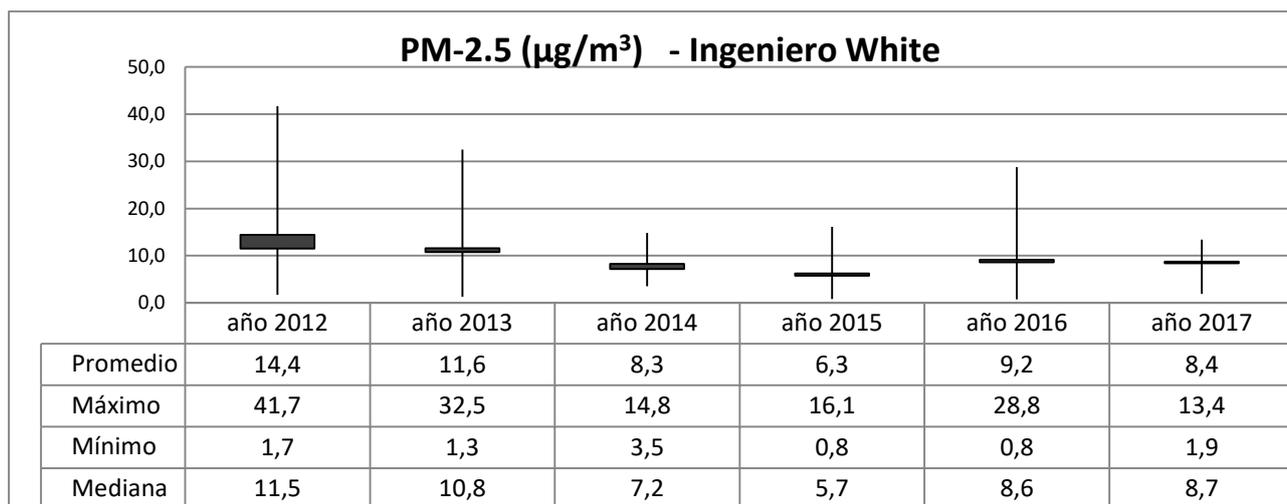
## 2.2 Marco Regulatorio

Ver tabla inciso 1.3

## 2.3 Resultados Obtenidos

Durante el año 2017 se obtuvieron 23 muestras de 24 horas. El máximo valor obtenido fue de 13,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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.

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.



### 3. Monitoreo de Contaminantes Específicos

Continuamos durante el 2017 con el monitoreo indicado el año anterior. 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).

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, se continuó el monitoreo con equipo DMA (Direct Mercury Analyzer) Milestone, que permite alcanzar los niveles requeridos para calidad de aire. Posteriormente se desarrolló y optimizó la metodología analítica para monitoreo en campo a niveles de  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Los resultados del monitoreo 2017 de Mercurio en aire se detallan 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  $32$ - $64 \text{ ng}$  en áreas remotas y alrededor de  $160 \text{ ng}$  en áreas urbanas<sup>4</sup>.

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  $17000 \text{ ng}$ . 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 humana<sup>4</sup>.

Los sitios "*hot-spots*" con mayor concentración de Mercurio han sido reportados en el aire cerca de emisiones industriales o por encima de las áreas donde los fungicidas con 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 con 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 refinerías<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Air Quality Guidelines for Europe – 2nd edition. Copenhagen, 2000.

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  $1000\text{ ng/m}^3$  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 posible<sup>4</sup>.

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 éste. 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 2 estaciones de monitoreo continuo de aire que dispone el CTE: EMCABB I ubicada en el Consorcio del Parque Industrial (PI) representativa de Villa Delfina y alrededores, y la EMCABB II en la zona Urbana de Ingeniero White (IW).

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/m<sup>3</sup>.

### 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/m<sup>3</sup> (950 ng/ m<sup>3</sup>) para 8 horas de exposición.

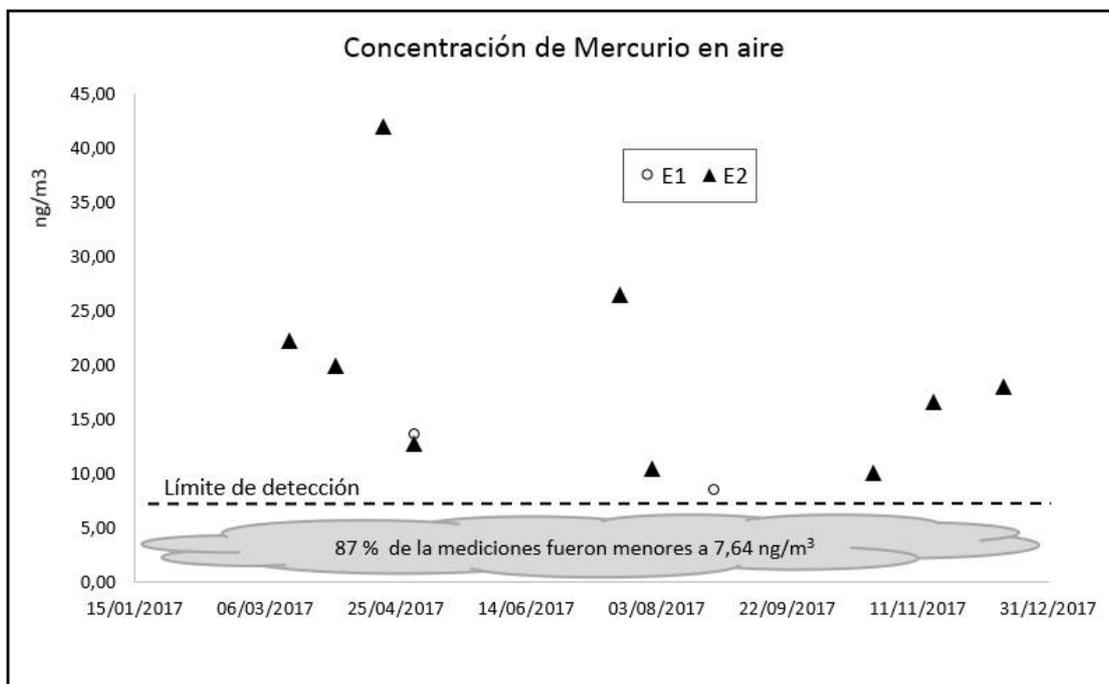
Las "Guías de Calidad de Aire para Europa" -2º edición de la OMS establecen un nivel guía de 1 µg/m<sup>3</sup> (1000 ng/m<sup>3</sup>) para un año de exposición.

### 3.1.5. Resultados

Durante el periodo 2017, se realizaron en total 85 determinaciones, de las cuales 43 ocurrieron en la zona de Ingeniero White (IW) y 42 en el área del Parque Industrial (PI). Los registros totales muestran que el 87% de los valores fueron menores al límite de detección, mayor al porcentaje obtenido durante el 2016.

En IW, el 95,2% de las mediciones resultaron menores al límite de detección. Los dos únicos registros obtenidos fueron de 8,40 y 13,61 ng/m<sup>3</sup>.

En el PI, de las 42 mediciones, 34 fueron no detectables (79%), y las restantes oscilaron entre 10,03 a 41,98 ng/m<sup>3</sup>.



### **3.1.6. Discusión de Resultados**

Los datos son similares con los registros del período anterior, observando un alto porcentaje de valores no detectables.

Los valores obtenidos se encuentran 2 órdenes de magnitud por debajo de los niveles guía de la legislación vigente y de 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 concuerdan con los determinados en el período anterior, reflejando nuevamente que los niveles alcanzados resultan bajos y son esperables de encontrar en zonas urbanas e industriales.

## **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 OMS la concentración media de Benceno es de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en zona rural, y entre 5 y  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en zona urbana, presentando 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 estaciones de monitoreo continuo de aire que dispone el CTE: EMCABB I y EMCABB II, ubicadas en el Consorcio del Parque Industrial (PI), representativo de Villa Delfina, y en la zona Urbana de Ingeniero White (IW) respectivamente.

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

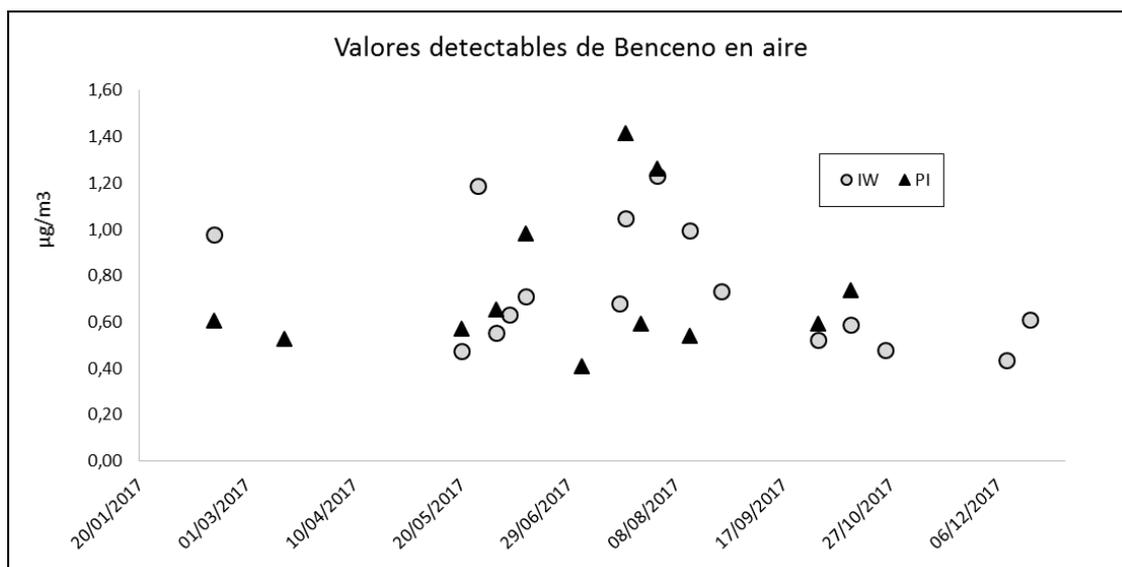
Las "Guías de Calidad de aire para Europa" no establecen valores de referencia para sustancias cancerígenas (Benceno). Para Tolueno sugiere un nivel guía de: 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - para 1 semana y no evalúa etilbenceno ni Xileno.

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 73 análisis realizados, 37 en IW y 36 en PI, se observa:

El 61,6% de los valores de Benceno resultaron no detectables, los restantes oscilaron entre un mínimo de 0,41 y un máximo de 1,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores similares a los obtenidos en el año 2016.



Para el área de IW, sobre 37 determinaciones, 16 (43%) resultaron con valores detectables por encima de  $0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un mínimo de  $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo de  $1,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración promedio anual para IW se estimó en  $0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  valor que se encuentra por encima del nivel guía provincial y por debajo del estándar de calidad de aire de la Comunidad Europea.

Para el área de PI, sobre 36 determinaciones, 12 (33%) resultaron con valores detectables por encima de  $0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un mínimo de  $0,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo de  $1,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración promedio anual para PI se estimó en  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En ambos casos, los resultados del presente trabajo, para ambos sitios de muestreo, 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, ambos sitios de muestreo presentaron un comportamiento similar. Por ello resulta práctico informar valores generales para el área de estudio. Así, sobre 73 determinaciones el 28,7 % de los valores resultaron no detectables, los restantes oscilaron entre un mínimo de  $0,65$  y un máximo de  $9,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los valores detectados estuvieron 3 órdenes de magnitud por debajo del nivel guía de referencia provincial. 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 95,5 % de los valores resultaron no detectables. Los dos datos detectados (4) oscilaron entre  $0,62$  y  $1,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para el o-Xileno, el 90,3 % de los valores resultaron no detectables. Los restantes (7) oscilaron entre un mínimo de 0,66 y un máximo de 1,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El máximo valor obtenido está 3 órdenes de magnitud por debajo del nivel guía.

### **3.2.6. Conclusiones**

Estos resultados sostienen y reafirman los determinados en el monitoreo iniciado en 2016, cuando se estaba poniendo a punto la técnica de muestreo y análisis.

Los mismos nos permiten concluir que las concentraciones de benceno (promedio anual) se encuentra por encima del nivel guía provincial y por debajo del estándar de calidad de aire de la Comunidad Europea. Mientras que los niveles de Tolueno, Etilbeneno y o-Xileno se encuentran muy por debajo de los niveles guía de referencia.

En general, para benceno y tolueno, los niveles hallados en nuestra área de estudio, son característicos para zonas rurales según indica la OMS.

## **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, siguiendo con los lineamientos del Programa

Nacional de Deposition Atmosférica de Estados Unidos (NADP). 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. Deposition 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 enero a diciembre de 2017.

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.

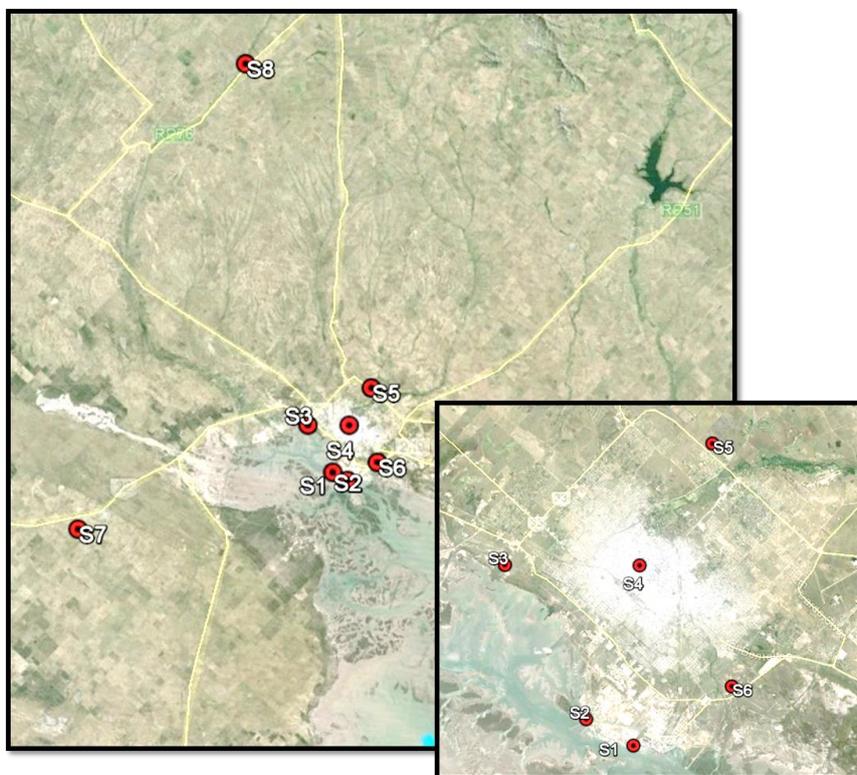
La técnica analítica descrita, fue realizada por el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Lanaqui-Cerzos-Conicet).

#### 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<sup>ra</sup> Cuenca
4. S4: Vieytes 567 – Dpto. Saneamiento Ambiental
5. S5: Conicet- Cribabb Bahía Blanca
6. S6: Planta Tratamiento Cloacal – 1<sup>ra</sup> 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** ( $38^{\circ} 47' 20.89$  S –  $62^{\circ} 16' 48.74$  O) y **S2** ( $38^{\circ} 46' 37.38$  S –  $62^{\circ} 18' 14.39$  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** ( $38^{\circ} 42' 48.05$  S –  $62^{\circ} 20' 38.25$  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** ( $38^{\circ} 42' 53.72$  S –  $62^{\circ} 16' 27.25$  O) se estableció en el centro de la ciudad para evaluar los aportes antropogénicos, especialmente los ligados al transporte automotor. El sitio **S5** ( $38^{\circ} 39' 57.81$  S –  $62^{\circ} 14' 6.04$  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** ( $38^{\circ} 45' 54.59$  S –  $62^{\circ} 13' 41.12$  O) ubicado en el predio de la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales (Primera Cuenca), ha sido eliminado debido a los movimientos de suelo por la obra de ingeniería que se desarrolla actualmente.

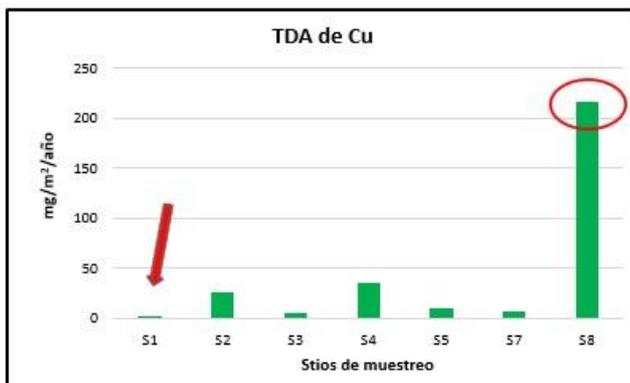
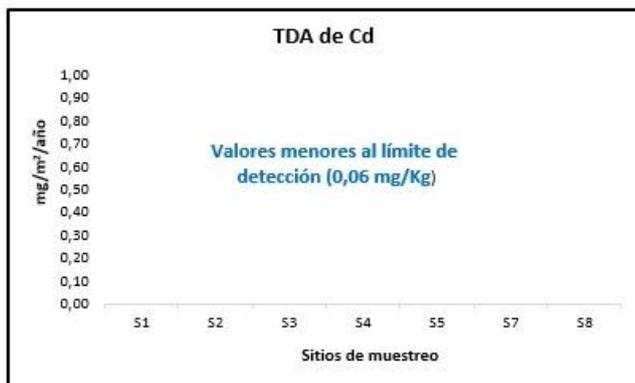
El sitio **S7** ( $38^{\circ} 50' 36.10$  S –  $62^{\circ} 44' 23.41$  O) a 43 Km hacia el sector suroeste y el **S8** ( $38^{\circ} 13' 49.68$  S –  $62^{\circ} 25' 58.92$  O) se ubicó a 57 Km hacia el norte de la ciudad, ambos puntos representan áreas no urbanas, ni industrializadas, con escaso tránsito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

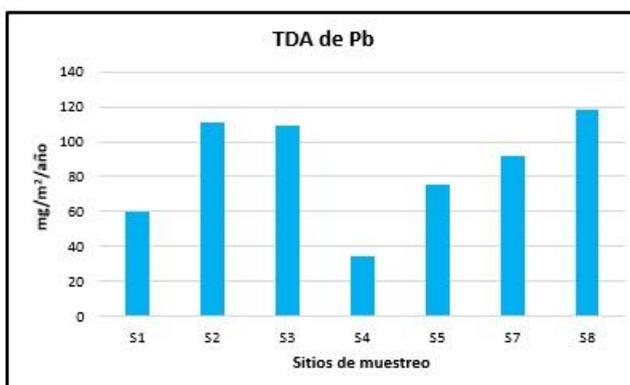
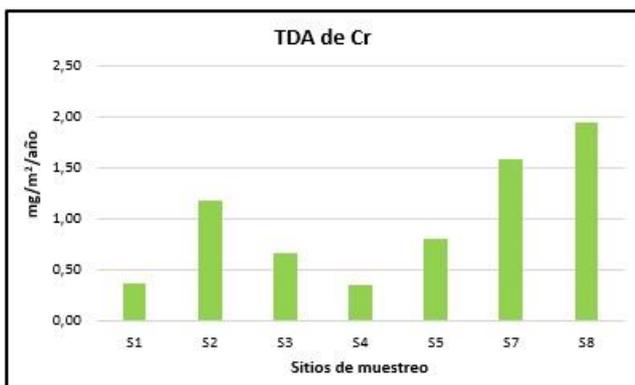
#### 4.3.4. Resultados

Al igual que en monitoreos anteriores, 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. El sitio **S1** continua mostrando valores muy bajos en comparación con otros sitios. El sitio **S8** por su parte mostró una alta tasa de deposición para todos los metales, particularmente para el Cobre, mostrando un comportamiento muy similar al reportado el periodo anterior. El Plomo con una distribución más homogénea, nuevamente mostró deposiciones elevadas principalmente en los sitios **S2**, **S3** y **S8**.

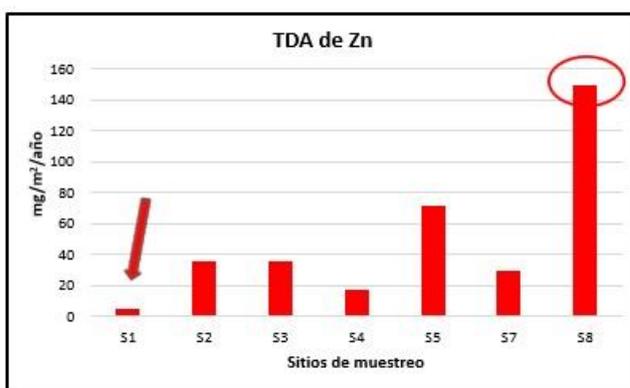
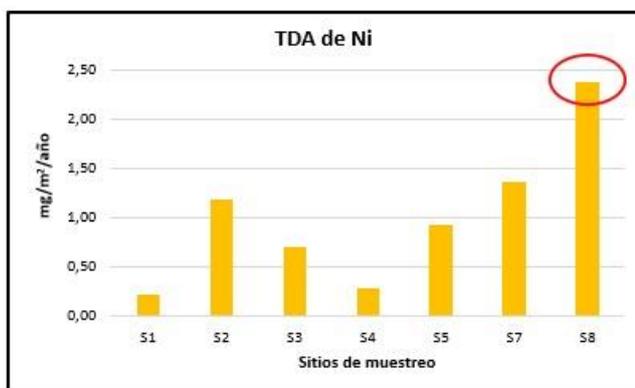
Los gráficos a continuación, muestran los valores promedios de la Deposición Atmosférica (TDA) determinados durante el periodo de estudio para los sitios seleccionados.



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 mg/m<sup>2</sup>/año para los 4 últimos períodos de monitoreo, en comparación con otras ciudades del mundo.

**Tasa de deposición de metales (mg/m<sup>2</sup>/año) reportados en otros lugares del mundo, y los registrados en los últimos años en nuestra ciudad**

	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
Toronto, Canada <sup>1, a</sup>	0,6 - 1,15	1,77 - 8,35	1,93 - 7,35	6,99 - 27,6		0,66 - 3,97
Sydney, Australia <sup>2</sup>		6,50	4,10	47,19		
Al-Karak, Jordan <sup>3</sup>	0,34	4,98	3,32	35,52		
Amman, Jordan <sup>4</sup>	0,14	5,55	4,20	29,68		
Varanasi, India <sup>5, a</sup>	0,24 - 3,03	3,26 - 10,8	0 - 2,84	10,71 - 94,32		
Komae, Tokio <sup>6</sup>	0,06	7,56	3,34	54		
Izmir, Turquía <sup>7</sup>	<b>8,64</b>	<b>44,64</b>	<b>79,2</b>	<b>687,6</b>		
Lublin, Poland <sup>8</sup>	2,22	3,98	5,40	18,31		
Bombay, India <sup>9</sup>	0,60	16,99	11,49	<b>97,2</b>		
Pearl Riv Delta, China <sup>10</sup>		18,6	12,7	<b>104</b>	6,43	
Tor Paterno, Italia <sup>11</sup>	0,36	11,03	11,41	43,64	<b>17,04</b>	<b>12,23</b>
Córdoba, Argentina <sup>12</sup>	0,134	10,93	6,49	108,4	8,10	1,52
Bahía Blanca, 2013-2014	0,09	67,4	37,4	67,5	1,53	1,38
Bahía Blanca, 2014-2015	<0,06	29,2	49,4	43,3	0,83	0,76
Bahía Blanca, 2015-2016	<0,06	29,4	45,5	28,5	0,48	0,50
<b>Bahía Blanca, 2017 (este informe)</b>	<b>&lt;0,06</b>	<b>37,7</b>	<b>74,9</b>	<b>42,8</b>	<b>0,86</b>	<b>0,88</b>

**Referencias:**(1) Yousaf, 2012; (2) Davis & Birch, 2011; (3) Jaradat *et al.*, 2004; (4) Momani *et al.*, 2000; (5) Sharma *et al.*, 2008; (6) Sakata & Marumoto, 2004; (7) Odabasi *et al.* 2002; (8) Kozak *et al.*; (9) Tripathi *et al.*, 1993. (11) L. Morselli *et al.*, 2004. (12) G. Bermudez *et al.*, 2012. (a) Informado como rango de concentración.

**Tasa de deposición de metales (mg/m<sup>2</sup>/año) reportados en otros lugares del mundo**

## 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 1669 de la USEPA.

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 °C durante 4 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

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 año 2017.

Fecha	Precipitación (mm)	pH	Concentración Hg ( $\mu\text{g/L}$ )	Deposición Hg ( $\mu\text{g/m}^2$ )
08/02/2017	1,0	7,5	0,12	0,12
26/06/2017	2,3	6,4	0,20	0,46
05/07/2017	2,2	6,3	0,23	0,50
20/09/2017	1,2	6,8	0,33	0,40
18/10/2017	3,0	6,9	0,14	0,42
01/11/2017	2,5	6	0,75	1,86
07/11/2017	2,0	5,8	1,02	2,04
30/11/2017	18,0	5,5	<i>nd</i>	<i>nd</i>

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 7,5 upH respectivamente, valores muy similares a los informados en años anteriores.

Los registros de Deposición de Mercurio fueron muy variables, con valores entre no detectables a 2,04  $\mu\text{g/m}^2$ . La acumulación total de Mercurio fue de 5,80  $\mu\text{g/m}^2$  para el período 2017. Cabe mencionar que este valor esta subestimado, debido a que no fueron recolectadas la totalidad de las precipitaciones registradas.

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	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2017)	5,80	este informe

Conjuntamente comenzamos a realizar sobre las muestras de lluvias obtenidas, la determinación de **Nitrógeno amoniacal**, para estimar la deposición atmosférica de este contaminante. Aún son pocos los registros obtenidos, y los mismos han variado entre 0,7 a 1,25 mg/l de nitrógeno amoniacal. La escasa cantidad de determinaciones no nos permite estimar un promedio anual para el período 2017.

#### 4.4.3. Conclusiones

##### Deposición Atmosférica Total (seca/húmeda)

Los valores de este período son muy similares los informados en períodos anteriores, excepto para el Plomo que incrementó sus valores en casi todos los sitios de muestreo.

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 es 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. Sin embargo, 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, particularmente durante este periodo el sitio S8, contribuyó fuertemente al promedio anual obtenido. Esto refuerza el concepto que el fenómeno de Deposición Atmosférica se manifiesta a nivel regional.



### **Deposición Atmosférica Húmeda (lluvia)**

Dimos continuidad al monitoreo iniciado como *screening* el año pasado y pudimos determinar las concentraciones de mercurio en agua de lluvia. La acumulación anual de Mercurio fue de 5,80  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  para el período 2017, estamos mejorando el monitoreo incorporando equipamiento que permita el muestreo automático de las precipitaciones, para incrementar el porcentaje de recolección. Se iniciaron las primeras determinaciones de Nitrógeno amoniacal en agua de lluvia, los valores obtenidos variaron entre 0,7 a 1,25 mg/l de nitrógeno amoniacal. La escasa cantidad de determinaciones no nos permite estimar un promedio anual para el período 2017.

## 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 (SO<sub>2</sub>), y Ozono (O<sub>3</sub>) no han superado los límites establecidos por la legislación vigente. El Material Particulado en Suspensión (PM-10) ha superado la norma en 5 (EI) y 1 (EII) oportunidades. 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 y Dióxido de azufre fueron, en promedios, mayores en la EMCABB II respecto a la EMCABBI durante el año 2017.

Se muestran por primera vez resultados del monitoreo continuo de PM-2.5 en Ingeniero White resultando sus valores, en general, por debajo de las referencias nacionales e internacionales.

Nuevamente se observa que existe una deposición atmosférica, y un transporte atmosférico de contaminantes que impactan sobre la ciudad y estuario. Se registró un descenso en los valores de deposición atmosférica de Mercurio, y se presentan los primeros resultados de concentración de Nitrógeno amoniacal en agua de lluvia. No existe legislación nacional o internacional para poder realizar comparaciones con los registros obtenidos.

Se continuó con los monitoreos de contaminantes específicos en calidad de aire para Mercurio y BTEX. Los resultados fueron similares a los obtenidos durante el año 2016. Se comparan los resultados con Normativas Provinciales y Europeas.

El programa se desarrolló satisfactoriamente, dando continuidad a los monitoreos de contaminantes básicos, y a la continuidad del programa de monitoreo de deposición atmosférica de contaminante, incorporando mejoras en el mismo.



# ANEXO

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Atmósfera



## RESULTADOS EMCABB I

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

Año 2017	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	1,10	0,69	0,84	1,60	1,72	1,49	3,02	2,43	1,09	0,83	0,47	0,79
promedio	0,14	0,21	0,04	0,04	0,19	0,25	0,24	0,12	0,14	0,26	0,08	0,13
mediana	0,13	0,22	0,03	0,03	0,13	0,23	0,18	0,07	0,11	0,26	0,05	0,13
mínimo	< LD	0,06	< LD	< LD	< LD	0,05	< LD	< LD	< LD	0,05	< LD	< LD
varianza	0,01	0,00	0,00	0,02	0,04	0,02	0,08	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00
desv estándar	0,09	0,07	0,07	0,13	0,21	0,16	0,28	0,19	0,12	0,10	0,07	0,07
rango	1,07	0,63	0,81	1,57	1,69	1,44	3,00	2,41	1,06	0,78	0,45	0,76
numero de datos	725	487	699	635	709	719	731	717	625	700	700	708
rango inter	0,08	0,07	0,01	0,01	0,13	0,11	0,24	0,08	0,10	0,11	0,09	0,09
cv	63,97	31,91	171,14	320,93	109,68	63,5	114,10	163,14	84,4	38,19	80,6	54,34
coef. Skew	3,70	0,99	5,77	6,73	3,31	4,11	4,17	7,23	3,39	0,93	1,82	2,31
coef. Kurt	26,11	5,35	43,45	56,25	13,85	25,42	26,59	69,37	17,74	2,87	4,76	14,49
percentiles												
10	0,06	0,13	0,03	0,03	0,04	0,12	0,03	0,03	0,04	0,14	0,03	0,05
25	0,09	0,18	0,03	0,03	0,08	0,17	0,08	0,04	0,07	0,19	0,03	0,08
50	0,13	0,22	0,03	0,03	0,13	0,23	0,18	0,07	0,11	0,26	0,05	0,13
75	0,17	0,25	0,04	0,04	0,21	0,28	0,32	0,12	0,17	0,30	0,12	0,17
90	0,22	0,29	0,08	0,10	0,34	0,35	0,44	0,22	0,25	0,38	0,16	0,20
95	0,29	0,33	0,16	0,18	0,64	0,45	0,61	0,33	0,32	0,43	0,20	0,23
99	0,48	0,42	0,40	0,70	1,10	0,90	1,39	0,87	0,59	0,58	0,30	0,34
99,99	1,08	0,68	0,82	1,58	1,71	1,49	2,96	2,42	1,08	0,82	0,47	0,77

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.



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

<b>Año 2017</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>máximo</b>	15,2	2,4	6,1	7,4	4,9	15,3	12,5	35,7	---	---	3,5	3,4
<b>promedio</b>	1,0	0,5	0,7	1,1	0,9	1,6	1,3	2,6	---	---	0,5	0,4
<b>mediana</b>	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,9	0,9	1,3	---	---	0,3	0,4
<b>mínimo</b>	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	---	---	0,2	0,2
<b>varianza</b>	2,0	0,1	0,3	1,1	0,4	5,9	2,2	19,5	---	---	0,3	0,1
<b>desv estándar</b>	1,4	0,3	0,6	1,1	0,6	2,4	1,5	4,4	---	---	0,5	0,3
<b>rango</b>	17,7	2,4	12,2	9,6	4,9	17,2	15,0	41,3	---	---	6,1	3,2
<b>numero de datos</b>	725	543	734	635	710	718	731	533	---	---	301	545
<b>rango inter</b>	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,8	0,6	1,2	---	---	0,1	0,1
<b>cv</b>	144,7	55,6	86,0	99,2	64,2	148,2	111,6	169,5	---	---	105,0	69,6
<b>coef. Skew</b>	6,9	4,5	14,6	4,8	3,3	4,1	5,1	5,1	---	---	6,6	4,7
<b>coef. Kurt</b>	62,8	27,1	271,7	27,7	13,7	18,0	34,4	31,9	---	---	60,7	28,6
<b>percentiles</b>									---	---		
<b>10</b>	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	---	---	0,3	0,3
<b>25</b>	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	---	---	0,3	0,3
<b>50</b>	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,9	0,9	1,3	---	---	0,3	0,4
<b>75</b>	0,8	0,5	0,7	1,0	1,0	1,4	1,3	2,1	---	---	0,4	0,4
<b>90</b>	1,6	0,7	0,8	1,7	1,5	2,9	2,4	4,5	---	---	0,7	0,6
<b>95</b>	2,6	0,9	1,0	2,7	2,1	5,2	3,5	10,0	---	---	1,3	0,9
<b>99</b>	7,0	2,0	2,3	6,2	3,8	14,4	8,8	24,6	---	---	2,5	1,9
<b>99,99</b>	17,9	2,7	12,3	10,1	5,4	17,6	15,4	41,8	---	---	6,2	3,3

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**

<b>Año 2017</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>máximo</b>	109,7	132,5	115,6	145,4	345,8	181,2	288,8	290,0	138,6	77,0	66,7	49,3
<b>promedio</b>	6,3	5,4	7,6	12,3	18,8	16,3	21,2	17,5	12,5	9,4	8,4	7,4
<b>mediana</b>	3,6	3,2	4,1	6,5	8,9	10,0	10,7	8,8	8,1	5,8	6,5	6,0
<b>mínimo</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
<b>varianza</b>	77,7	74,0	146,8	310,4	1022,2	497,6	1133,2	951,4	269,9	105,9	55,9	38,3
<b>desv estándar</b>	8,8	8,6	12,1	17,6	32,0	22,3	33,7	30,8	16,4	10,3	7,5	6,2
<b>rango</b>	109,5	132,3	115,4	145,2	345,6	181,0	288,5	289,8	138,3	76,6	66,3	49,0
<b>numero de datos</b>	725	616	734	635	707	718	731	714	624	699	701	705
<b>rango inter</b>	6,5	5,3	7,3	10,2	16,3	16,3	16,7	13,4	10,4	8,7	8,0	6,3
<b>cv</b>	140,8	159,2	158,5	143,3	170,5	136,5	158,8	176,7	131,4	109,9	89,3	83,2
<b>coef. Skew</b>	4,9	7,1	4,5	3,5	4,5	3,3	4,1	4,8	3,5	2,3	2,5	2,0
<b>coef. Kurt</b>	40,7	84,1	28,9	15,9	28,7	13,6	20,7	28,6	15,5	6,9	10,1	6,0
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,5	0,4	0,4	1,0	1,6	1,2	1,9	1,3	1,4	1,4	1,7	1,5
<b>25</b>	1,4	1,2	1,4	3,0	3,4	3,3	5,2	4,0	3,3	2,8	3,2	3,2
<b>50</b>	3,6	3,2	4,1	6,5	8,9	10,0	10,7	8,8	8,1	5,8	6,5	6,0
<b>75</b>	7,9	6,4	8,7	13,2	19,7	19,6	21,9	17,4	13,7	11,5	11,2	9,5
<b>90</b>	14,7	12,3	16,6	30,6	40,9	35,6	44,2	35,1	27,1	22,3	16,9	15,6
<b>95</b>	21,6	16,2	26,8	45,8	74,2	56,3	78,3	58,4	45,1	33,0	21,5	19,8
<b>99</b>	35,0	37,7	59,8	86,5	164,8	111,3	181,8	184,3	92,5	46,7	38,9	29,8
<b>99,99</b>	108,2	127,9	115,4	144,3	340,2	179,8	287,9	286,7	136,9	76,1	65,7	48,6

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

**Tabla IV Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>Año 2017</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>máximo</b>	36,4	49,1	35,7	33,7	78,2	56,3	65,7	50,7	46,4	35,8	22,4	24,5
<b>promedio</b>	4,0	3,6	4,0	6,0	8,3	7,8	9,4	8,6	7,2	5,8	5,4	4,9
<b>mediana</b>	2,8	2,6	2,7	4,2	6,0	5,7	7,1	6,3	5,5	3,9	4,4	4,4
<b>mínimo</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
<b>varianza</b>	16,3	14,6	17,8	27,9	68,2	48,2	64,7	61,8	40,1	29,2	15,9	11,6
<b>desv estándar</b>	4,0	3,8	4,2	5,3	8,3	6,9	8,0	7,9	6,3	5,4	4,0	3,4
<b>rango</b>	36,2	48,9	35,5	33,5	78,0	56,1	65,3	50,4	46,0	35,5	22,0	24,3
<b>numero de datos</b>	724	616	734	635	707	718	731	714	624	699	701	705
<b>rango inter</b>	3,6	3,5	4,4	6,0	8,3	8,0	9,2	8,5	6,5	5,5	4,5	3,8
<b>cv</b>	101,0	106,5	104,5	88,8	99,9	89,2	85,8	91,8	87,9	93,3	74,1	69,6
<b>coef. Skew</b>	2,9	4,2	2,3	1,6	2,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,4	1,6
<b>coef. Kurt</b>	13,2	35,6	8,2	3,0	13,9	5,2	6,6	4,5	4,5	3,7	2,4	4,3
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,7	0,5	0,4	1,0	1,4	1,1	1,5	1,2	1,4	1,1	1,4	1,2
<b>25</b>	1,5	1,2	1,1	2,2	2,8	2,7	3,8	3,1	2,8	2,1	2,6	2,6
<b>50</b>	2,8	2,6	2,7	4,2	6,0	5,7	7,1	6,3	5,5	3,9	4,4	4,4
<b>75</b>	5,1	4,7	5,5	8,2	11,1	10,7	13,0	11,6	9,3	7,6	7,1	6,4
<b>90</b>	8,6	7,4	9,1	13,8	17,9	16,5	19,8	18,5	15,8	13,5	10,9	8,9
<b>95</b>	12,2	9,5	12,8	16,3	23,1	20,8	24,9	23,9	21,3	17,7	13,0	11,4
<b>99</b>	18,3	18,2	18,7	23,2	39,3	30,4	34,7	36,0	26,7	23,8	19,8	17,2
<b>99,99</b>	36,1	47,5	35,0	33,5	77,3	55,3	65,1	50,6	45,8	35,5	22,3	24,3

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.



**Tabla V Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) – Datos promedio de 24 horas**

2017	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	188,1	121,9	---	---	76,1	90,7	264,8	140,1	97,5	171,8	178,3	145,5
<b>promedio</b>	77,8	I	---	---	I	40,0	52,9	52,7	44,4	53,0	49,8	I
<b>mediana</b>	62,5	45,4	---	---	29,7	37,5	41,4	35,6	39,6	38,0	33,4	48,2
<b>mínimo</b>	27,1	23,5	---	---	7,4	9,5	7,0	7,5	12,1	10,7	9,0	9,0
<b>varianza</b>	1776,8	558,3	---	---	516,8	480,9	2256,8	1344,1	545,0	1516,1	1781,8	966,5
<b>desv estándar</b>	42,2	23,6	---	---	22,7	21,9	47,5	36,7	23,3	38,9	42,2	31,1
<b>rango</b>	160,9	98,4	---	---	68,7	81,2	257,7	132,6	85,4	161,1	169,3	136,5
<b>numero de datos</b>	27	18	---	---	15	28	30	28	24	25	27	22
<b>rango inter</b>	53,8	27,2	---	---	28,9	26,5	39,2	46,7	29,6	29,5	41,4	33,9
<b>cv</b>	54,2	48,1	---	---	75,0	54,8	89,8	69,6	52,6	73,5	84,8	55,5
<b>coef. Skew</b>	1,0	1,7	---	---	0,6	0,6	3,3	1,1	0,8	1,8	1,7	1,1
<b>coef. Kurt</b>	0,6	4,0	---	---	-0,9	-0,3	13,9	0,6	0,1	3,2	2,4	2,1
<b>percentiles</b>			---	---								
<b>10</b>	34,1	27,4	---	---	12,2	14,5	14,1	9,9	20,6	18,3	17,2	20,0
<b>25</b>	49,0	35,8	---	---	20,2	23,6	27,2	22,5	30,7	27,0	22,5	37,6
<b>50</b>	62,5	45,4	---	---	29,7	37,5	41,4	35,6	39,6	38,0	33,4	48,2
<b>75</b>	102,8	63,1	---	---	49,0	50,1	66,4	69,2	60,2	56,5	63,8	71,5
<b>90</b>	135,5	72,2	---	---	71,6	75,2	85,6	97,1	76,1	94,8	104,9	88,1
<b>95</b>	157,1	80,4	---	---	73,2	76,2	98,2	122,5	91,8	132,1	132,6	94,3
<b>99</b>	182,0	113,6	---	---	75,5	86,9	216,9	138,8	96,8	164,4	168,4	134,8
<b>99,99</b>	188,0	121,8	---	---	76,1	90,6	264,3	140,1	97,5	171,7	178,2	145,4

Referencias:

LD: Límite de detección de  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I: Insuficientes datos para promediar.



**Tabla VI Ozono (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>Año 2017</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>máximo</b>	53	39	32	28	25	27	29	35	31	34	57	50
<b>promedio</b>	19	17	13	10	10	11	12	15	16	17	17	17
<b>mediana</b>	17	16	13	10	10	11	12	16	17	19	17	16
<b>mínimo</b>	1	1	< LD	1								
<b>varianza</b>	83	62	46	41	47	53	59	69	50	71	45	56
<b>desv estándar</b>	9	8	7	6	7	7	8	8	7	8	7	7
<b>rango</b>	52	38	32	28	25	27	29	35	31	91	57	49
<b>numero de datos</b>	726	616	735	635	711	719	732	715	624	701	701	708
<b>rango inter</b>	13	11	8	10	13	11	13	13	10	11	8	9
<b>cv</b>	48	47	52	63	68	67	65	56	45	49	40	44
<b>coef. Skew</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<b>coef. Kurt</b>	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7	3	1
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	9	7	4	1	0	1	1	1	4	4	9	8
<b>25</b>	12	11	9	5	3	5	5	8	11	12	13	12
<b>50</b>	17	16	13	10	10	11	12	16	17	19	17	16
<b>75</b>	25	22	17	15	16	16	18	21	21	23	21	21
<b>90</b>	32	28	22	19	19	21	21	25	24	26	24	27
<b>95</b>	36	31	25	20	21	23	23	27	26	28	27	30
<b>99</b>	42	34	28	23	23	25	28	29	28	31	37	37
<b>99,99</b>	53	39	32	28	25	27	29	35	31	87	57	50

Referencias:

LD: Límite de detección de 1 ppb.

## RESULTADOS EMCABB II

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

2017	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	25,4	26,0	30,4	36,7	37,9	37,2	46,4	47,3	47,4	34,3	31,6	37,1
<b>promedio</b>	5,5	5,6	8,9	10,1	10,3	10,2	11,9	10,9	7,3	7,8	5,3	5,2
<b>mediana</b>	4,5	4,6	7,4	8,7	8,1	8,7	10,1	8,7	5,0	6,0	4,2	3,7
<b>mínimo</b>	0,5	0,4	2,9	1,4	0,7	1,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
<b>varianza</b>	13,0	17,7	23,1	32,2	51,1	40,3	65,1	66,8	41,1	36,7	18,3	22,9
<b>desv estándar</b>	3,6	4,2	4,8	5,7	7,2	6,3	8,1	8,2	6,4	6,1	4,3	4,8
<b>rango</b>	24,9	25,6	27,5	35,3	37,2	35,7	45,9	46,9	46,9	33,8	31,2	36,7
<b>numero de datos</b>	639	651	725	703	741	489	726	659	675	713	714	731
<b>rango inter</b>	3,8	5,0	5,4	6,9	9,5	6,8	10,4	10,2	7,0	7,3	4,8	5,3
<b>cv</b>	65,1	75,2	53,7	56,1	69,5	62,5	67,7	74,8	87,4	77,6	80,0	92,0
<b>coef. Skew</b>	1,8	1,3	1,5	1,3	1,1	1,5	1,1	1,5	1,8	1,6	1,9	2,0
<b>coef. Kurt</b>	3,9	2,4	2,2	1,8	0,6	2,9	1,3	2,6	3,9	2,9	5,4	6,2
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	2,4	0,5	4,3	4,3	3,1	3,6	3,5	2,8	1,7	2,1	1,5	1,0
<b>25</b>	3,1	2,7	5,5	6,1	4,8	6,0	5,7	4,9	2,8	3,4	2,3	1,8
<b>50</b>	4,5	4,6	7,4	8,7	8,1	8,7	10,1	8,7	5,0	6,0	4,2	3,7
<b>75</b>	6,9	7,7	10,9	12,9	14,3	12,8	16,1	15,1	9,8	10,8	7,1	7,1
<b>90</b>	10,5	11,4	16,0	18,3	21,3	18,4	23,5	21,6	16,1	15,4	10,5	11,4
<b>95</b>	13,3	13,2	19,0	21,2	24,5	23,4	27,3	26,8	21,4	20,3	13,6	14,5
<b>99</b>	17,8	18,5	25,3	28,7	31,0	32,1	37,0	40,8	27,8	28,8	20,3	22,1
<b>99,99</b>	25,2	25,9	30,3	36,4	37,7	37,2	46,3	47,3	46,6	34,3	31,4	36,9

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 VIII Óxidos de nitrógeno NOx (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>2017</b>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	54,1	41,0	64,4	115,6	176,3	135,7	236,3	248,1	131,6	82,1	81,6	43,5
<b>promedio</b>	7,7	7,38	12,4	15,54	19,1	17,14	22,3	19,3	10,30	11,2	7,9	6,9
<b>mediana</b>	6,0	6,10	9,2	10,60	10,7	12,20	13,8	11,9	6,66	8,1	5,8	4,9
<b>mínimo</b>	0,4	0,30	2,4	1,70	0,3	2,10	0,7	0,3	0,50	0,5	0,4	0,4
<b>varianza</b>	34,6	37,4	100,2	237,7	529,9	347,7	866,7	671,5	137,9	97,4	63,8	39,1
<b>desv estándar</b>	5,9	6,1	10,0	15,4	23,0	18,6	29,4	25,9	11,7	9,9	8,0	6,3
<b>rango</b>	53,7	40,7	62,0	113,9	176,0	133,6	235,6	247,7	131,1	81,6	81,2	43,1
<b>numero de datos</b>	639	649	725	703	741	489	726	659	675	713	714	731
<b>rango inter</b>	5,3	6,7	8,3	10,9	15,5	10,6	16,4	15,8	8,5	10,1	6,3	6,4
<b>cv</b>	76,5	82,8	80,6	99,2	120,4	108,8	132,3	134,4	114,0	88,0	101,8	90,3
<b>coef. Skew</b>	2,5	1,7	2,2	3,2	2,9	3,7	3,9	4,9	4,0	2,1	3,8	2,0
<b>coef. Kurt</b>	9,9	4,5	5,9	13,3	11,1	16,9	18,3	32,5	25,8	6,7	22,9	5,2
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	3,0	0,4	4,1	4,5	3,5	4,9	4,4	3,9	2,2	2,8	1,9	1,4
<b>25</b>	4,0	3,2	6,1	6,9	6,0	7,9	7,8	6,6	3,8	4,6	3,2	2,6
<b>50</b>	6,0	6,1	9,2	10,6	10,7	12,2	13,8	11,9	6,7	8,1	5,8	4,9
<b>75</b>	9,3	9,9	14,4	17,8	21,5	18,5	24,2	22,4	12,3	14,7	9,5	9,0
<b>90</b>	14,9	15,7	26,9	32,7	43,4	29,4	44,2	39,7	22,0	23,7	15,4	15,0
<b>95</b>	19,0	19,0	34,1	43,4	70,2	49,2	68,6	53,0	29,7	30,6	20,4	18,5
<b>99</b>	30,0	29,6	55,4	84,8	109,1	111,1	172,4	139,5	59,8	48,1	39,9	29,0
<b>99,99</b>	53,0	40,8	64,3	115,5	175,9	135,6	235,2	247,9	129,4	80,7	81,0	43,5

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

**Tabla IX Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (ppb) – Datos promedio horarios**

<b>2017</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dic</b>
<b>máximo</b>	25,4	26,0	30,4	36,7	37,9	37,2	46,4	47,3	47,4	34,3	31,6	37,1
<b>promedio</b>	5,5	5,6	8,9	10,1	10,3	10,2	11,9	10,9	7,3	7,8	5,3	5,2
<b>mediana</b>	4,5	4,6	7,4	8,7	8,1	8,7	10,1	8,7	5,0	6,0	4,2	3,7
<b>mínimo</b>	0,5	0,4	2,9	1,4	0,7	1,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
<b>varianza</b>	13,0	17,7	23,1	32,2	51,1	40,3	65,1	66,8	41,1	36,7	18,3	22,9
<b>desv estándar</b>	3,6	4,2	4,8	5,7	7,2	6,3	8,1	8,2	6,4	6,1	4,3	4,8
<b>rango</b>	24,9	25,6	27,5	35,3	37,2	35,7	45,9	46,9	46,9	33,8	31,2	36,7
<b>numero de datos</b>	639	651	725	703	741	489	726	659	675	713	714	731
<b>rango inter</b>	3,8	5,0	5,4	6,9	9,5	6,8	10,4	10,2	7,0	7,3	4,8	5,3
<b>cv</b>	65,1	75,2	53,7	56,1	69,5	62,5	67,7	74,8	87,4	77,6	80,0	92,0
<b>coef. Skew</b>	1,8	1,3	1,5	1,3	1,1	1,5	1,1	1,5	1,8	1,6	1,9	2,0
<b>coef. Kurt</b>	3,9	2,4	2,2	1,8	0,6	2,9	1,3	2,6	3,9	2,9	5,4	6,2
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	2,4	0,5	4,3	4,3	3,1	3,6	3,5	2,8	1,7	2,1	1,5	1,0
<b>25</b>	3,1	2,7	5,5	6,1	4,8	6,0	5,7	4,9	2,8	3,4	2,3	1,8
<b>50</b>	4,5	4,6	7,4	8,7	8,1	8,7	10,1	8,7	5,0	6,0	4,2	3,7
<b>75</b>	6,9	7,7	10,9	12,9	14,3	12,8	16,1	15,1	9,8	10,8	7,1	7,1
<b>90</b>	10,5	11,4	16,0	18,3	21,3	18,4	23,5	21,6	16,1	15,4	10,5	11,4
<b>95</b>	13,3	13,2	19,0	21,2	24,5	23,4	27,3	26,8	21,4	20,3	13,6	14,5
<b>99</b>	17,8	18,5	25,3	28,7	31,0	32,1	37,0	40,8	27,8	28,8	20,3	22,1
<b>99,99</b>	25,2	25,9	30,3	36,4	37,7	37,2	46,3	47,3	46,6	34,3	31,4	36,9

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

**Tabla X Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Equipo TEOM 1405**  
**Datos promedio de 24 horas**

<b>2017</b>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	167,4	96,3	93,0	43,3	67,1	57,7	57,3	101,1	67,0	53,0	63,1	94,2
<b>promedio</b>	73,8	36,0	38,5	25,6	34,4	28,5	30,7	33,0	30,6	33,5	32,8	43,4
<b>mediana</b>	60,7	31,9	34,1	25,9	29,4	25,2	27,8	29,0	31,4	28,8	31,4	43,3
<b>mínimo</b>	33,2	17,0	13,3	11,9	8,7	9,5	8,1	10,0	11,9	10,5	11,8	12,2
<b>varianza</b>	1259	275	269	74	286	202	212	509	183	99	198,1	319
<b>desv estándar</b>	35,5	16,6	16,4	8,6	16,9	14,2	14,6	22,6	13,5	10,0	14,1	17,9
<b>rango</b>	134,2	79,3	79,7	31,4	58,4	48,1	49,2	91,1	55,1	42,5	51,3	82,0
<b>numero de datos</b>	20	27	30	29	31	20	29	24	26	26	25	30
<b>rango inter</b>	37,5	20,0	14,3	13,5	27,3	25,3	19,8	21,0	11,7	8,5	16,0	16,5
<b>cv</b>	48,1	46,1	42,6	33,5	49,2	49,9	47,4	68,4	44,2	29,7	42,9	41,2
<b>coef. Skew</b>	1,5	1,9	1,5	0,3	0,3	0,6	0,4	1,7	1,1	0,5	0,6	0,9
<b>coef. Kurt</b>	2,0	5,3	3,5	-1,0	-1,0	-0,8	-1,1	3,0	1,3	0,8	-0,1	1,5
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	37,7	22,3	19,0	16,8	12,6	13,5	15,0	13,4	15,7	19,1	17,0	22,8
<b>25</b>	44,9	25,6	28,7	18,4	20,0	15,5	21,0	16,4	21,7	25,4	24,2	32,2
<b>50</b>	60,7	31,9	34,1	25,9	29,4	25,2	27,8	29,0	31,4	28,8	31,4	43,3
<b>75</b>	82,4	45,7	43,0	31,8	47,3	40,8	40,8	37,4	33,4	33,9	40,2	48,7
<b>90</b>	109,6	54,4	54,4	36,9	59,6	47,6	51,7	60,6	48,9	41,6	54,0	62,5
<b>95</b>	142,6	56,6	63,8	38,5	62,0	49,6	54,9	80,1	58,3	49,6	60,0	77,4
<b>99</b>	162,4	86,1	84,6	42,0	65,6	56,1	57,1	96,8	65,1	52,5	62,7	90,0
<b>99,99</b>	167,4	96,2	92,9	43,3	67,1	57,7	57,3	101,0	67,0	53,0	63,1	94,2

Referencias:

LD: Límite de detección de  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I: Insuficientes datos para promediar.

**Tabla XI Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Equipo TEOM 1405 FMDS**  
**Datos promedio de 24 horas**

<b>2017</b>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	111,9	65,6	67,8	54,2	65,7	50,8	55,8	44,6	57,4	43,4	45,7	66,8
<b>promedio</b>	49,7	32,5	30,5	25,9	27,8	I	27,5	I	29,8	24,7	I	30,6
<b>mediana</b>	40,5	31,0	25,6	23,0	25,6	26,1	24,4	36,7	30,5	21,7	21,2	32,2
<b>mínimo</b>	20,5	14,9	7,2	9,6	6,6	3,0	5,1	18,4	10,8	8,0	5,7	13,9
<b>varianza</b>	589,6	116,2	185,3	121,3	205,6	165,3	185,6	103,6	125,4	72,8	217,8	145,8
<b>desv estándar</b>	24,3	10,8	13,6	11,0	14,3	12,9	13,6	10,2	11,2	8,5	14,8	12,1
<b>rango</b>	91,4	50,7	60,6	44,6	59,1	47,8	50,7	26,2	46,7	35,4	40,0	52,9
<b>numero de datos</b>	28	26	30	29	31	20	29	10	26	28	12	30
<b>rango inter</b>	27,2	10,0	18,0	12,6	18,0	14,9	18,0	17,0	13,7	11,3	22,3	12,9
<b>cv</b>	48,8	33,1	44,7	42,6	51,5	49,0	49,5	31,3	37,5	34,5	64,4	39,5
<b>coef. Skew</b>	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	-0,2	0,5	-0,3	0,3	0,4	0,4	0,9
<b>coef. Kurt</b>	0,8	2,5	0,9	0,5	0,3	-0,5	-0,6	-1,8	0,0	0,1	-1,3	1,5
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	25,1	19,5	17,6	15,2	10,1	7,6	11,0	19,8	14,8	13,5	7,8	15,4
<b>25</b>	29,7	26,0	18,7	18,6	18,1	20,3	18,2	24,2	23,1	17,0	8,8	21,5
<b>50</b>	40,5	31,0	25,6	23,0	25,6	26,1	24,4	36,7	30,5	21,7	21,2	32,2
<b>75</b>	57,0	36,0	36,7	31,2	36,1	35,2	36,2	41,3	36,8	28,3	31,1	34,4
<b>90</b>	83,3	44,4	47,1	38,7	45,2	40,4	47,1	43,9	44,3	33,8	44,3	44,1
<b>95</b>	95,9	47,2	53,8	46,5	51,0	42,1	51,5	44,3	46,3	36,3	45,3	50,1
<b>99</b>	108,7	61,2	64,0	53,0	62,5	49,0	54,9	44,5	54,8	41,8	45,6	62,6
<b>99,99</b>	111,9	65,5	67,8	54,2	65,7	50,8	55,8	44,6	57,4	43,4	45,7	66,7

Referencias:

LD: Límite de detección de  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I: Insuficientes datos para promediar.

**Tabla XII Material Particulado PM-2.5 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Equipo TEOM 1405 FMDS**  
**Datos promedio de 24 horas**

<b>2017</b>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	58,8	22,6	18,9	34,8	34,0	25,1	31,4	27,4	27,6	16,4	14,5	18,7
<b>promedio</b>	16,1	15,3	10,6	15,0	11,3	I	13,5	I	15,3	9,0	I	10,1
<b>mediana</b>	12,5	18,9	9,0	13,9	10,1	15,3	13,0	21,0	16,2	7,9	7,3	10,5
<b>mínimo</b>	6,2	5,6	3,9	3,5	3,3	1,6	3,8	15,8	3,8	3,4	5,0	3,0
<b>varianza</b>	113,0	39,5	20,9	58,1	40,8	50,6	45,7	13,8	46,2	12,2	9,5	14,4
<b>desv estándar</b>	10,6	6,3	4,6	7,6	6,4	7,1	6,8	3,7	6,8	3,5	3,1	3,8
<b>rango</b>	52,6	17,0	15,1	31,4	30,7	23,5	27,6	11,7	23,8	13,0	9,5	15,7
<b>numero de datos</b>	28	26	30	29	31	20	29	10	26	28	12	30
<b>rango inter</b>	8,2	11,4	7,6	10,6	5,8	9,8	6,0	5,7	12,1	5,0	4,6	3,8
<b>cv</b>	65,9	41,2	43,0	50,9	56,3	52,3	50,0	18,5	44,5	38,6	37,2	37,4
<b>coef. Skew</b>	2,7	-0,4	0,6	0,7	1,8	-0,4	1,0	0,3	0,0	0,7	0,7	-0,1
<b>coef. Kurt</b>	9,5	-1,7	-0,9	0,5	4,2	-0,9	1,0	-0,6	-1,0	-0,3	-0,9	-0,2
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	7,4	6,5	5,8	7,1	5,2	3,5	6,8	16,6	6,8	5,0	5,9	4,7
<b>25</b>	9,3	9,1	7,2	8,4	7,6	7,7	9,4	17,4	8,6	6,3	6,3	8,4
<b>50</b>	12,5	18,9	9,0	13,9	10,1	15,3	13,0	21,0	16,2	7,9	7,3	10,5
<b>75</b>	17,5	20,5	14,8	19,0	13,4	17,6	15,4	23,2	20,7	11,2	10,9	12,2
<b>90</b>	25,4	22,0	18,0	23,1	20,3	21,3	21,4	24,0	23,2	13,7	12,3	15,2
<b>95</b>	30,9	22,1	18,4	28,8	21,8	22,1	26,5	25,7	26,4	15,5	13,3	15,5
<b>99</b>	51,9	22,5	18,8	33,9	30,4	24,5	30,9	27,1	27,5	16,2	14,3	17,8
<b>99,99</b>	58,7	22,6	18,9	34,8	34,0	25,1	31,4	27,4	27,6	16,4	14,5	18,7

Referencias:

LD: Límite de detección de  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I: Insuficientes datos para promediar