



**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 2019.

## Resumen del Plan de Trabajo

Este informe presenta el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos (Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM-10 y PM-2,5), Ozono y Óxidos de Nitrógeno) por medio de la Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Bahía Blanca (EMCABB I y II) en el período comprendido entre enero a diciembre de 2019. Además se incorporan los datos correspondientes al año 2018 de la estación EMCABB I, que no se habían agregado en el informe anterior.

Por último se muestran los resultados de los Monitoreo de Contaminantes Específicos y Deposición Atmosférica de Metales, de Mercurio y Nitrógeno amoniacal.

TAREAS	Página
<b>1 Monitoreo continuo de Contaminantes Básicos Atmosféricos</b> Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) Material Particulado Suspendido (PM-10) Contaminante Ozono (O <sub>3</sub> )	3
<b>2 Muestreo y Análisis de Material Particulado PM-2.5</b>	10
<b>3 Monitoreo de contaminantes específicos</b> Mercurio Gaseoso Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX)	11
<b>4 Deposición Atmosférica de Contaminantes</b> Mercurio y Nitrógeno Amoniacal Metales pesados	21
<b>5 Conclusiones Generales del Subprograma</b>	28
<b>Anexo</b>	30

# 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.

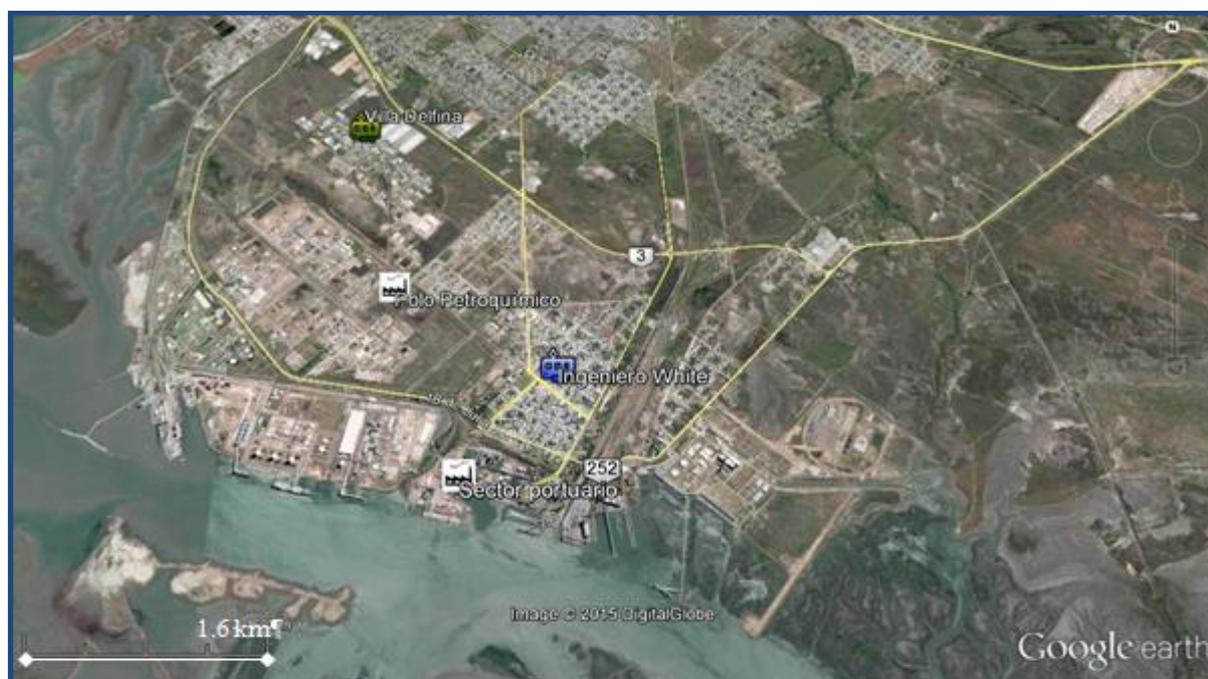
## 1.2. Metodología

### 1.2.1. Período de Monitoreo

Enero a diciembre de 2018 (EI) y Enero a Diciembre de 2019 (EI y EII)

### 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, en el terreno de San Martín y Mascarello ( $38 46' 55 77''$ 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.S<sup>2</sup> modelo 1160.
  - 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.**

## **1.3 Marco normativo y de referencia**

**En octubre de 2018 entro en vigencia el Decreto 1074/18 reglamentario de la Ley 5965 y que reemplazo al Decreto 3395/96. En la tabla se detallan los valores establecidos para los diferentes contaminantes del aire. Los valores indicados como "etapa 1" son los vigentes por 2 años a partir de su publicación, o sea hasta octubre de 2020.**

PARAMETRO/UNIDADES	TIEMPO PROMEDIADO	Valor inicial		Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3	
		µg/m <sup>3</sup>	ppb						
PM-10	24 horas	150	---	150	---	150	---	150	---
	1 Año	50	---	50	---	50	---	50	---
PM-2.5	24 horas	---	---	75	---	40	---	35	---
	1 Año	---	---	25	---	15	---	12	---
CO (ppm)	1 hora	40	35	40	35	40	35	40	35
	8 horas	10	9	10	9	10	9	10	9
SO <sub>2</sub>	1 hora	---	---	250	95	230	88	196	75
	24 horas	365	139	200	76	160	61	125	48
NO <sub>2</sub>	1 hora	367	195	320	170	288	153	188	100
	1 año	100	53	100	53	100	53	100	53
O <sub>3</sub>	8 horas	---	---	137	70	120	61	100	51

## 1.4 Resultados Obtenidos

Se presentan los resultados obtenidos de calidad de aire, durante el período indicado, para contaminantes básicos. En el Anexo – Atmósfera, página 30, se presentan las tablas con los parámetros estadísticos para cada uno.

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

- Año 2018

Sobre un total de 8581 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 2,60 ppm en el mes de agosto.

- Año 2019

Sobre un total de 8344 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 3,59 ppm en el mes de julio.**

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

- Año 2018

**Sobre un total de 6175 datos, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 1 horas ni para 24 horas.**

**El valor máximo obtenido para promedio de 1 hora fue de 22,1 ppb en el mes de octubre.**

- Año 2019

**Sobre un total de 8387 datos, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 1 horas ni para 24 horas.**

**El valor máximo obtenido para promedio de 1 hora fue de 53,6 ppb en el mes de julio.**

#### **1.4.3 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (EMCABB I)**

- Año 2018

**Sobre un total de 6814 datos de promedios horarios, los resultados indican que la norma, para exposición de 1 hora de NO<sub>2</sub> no fue superada en ninguna oportunidad, siendo el valor máximo de 66,1 ppb en el mes de julio.**

**El promedio anual de NO<sub>2</sub> fue de 7,4 ppb y estuvo por debajo de la norma de calidad de aire anual.**

- Año 2019

**Sobre un total de 6375 datos de promedios horarios, los resulta dos indican que la norma, para exposición de 1 hora de NO<sub>2</sub> no fue superada en ninguna oportunidad, siendo el valor máximo de 49,9 ppb en el mes de julio.**

**El promedio anual de NO<sub>2</sub> no fue calculado ya que no alcanzo el 75% de los datos requerido como criterio de suficiencia.**

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

- Año 2018

**Sobre un total anual de 350 promedios diarios, los resultados indican que en 7 oportunidades se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación, se detallan los promedios de 24 horas que superan la norma.**

Fecha	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2018-01-09	163,5
2018-01-30	179,2
2018-02-14	212,9
2018-03-08	179,8
2018-10-06	184,5
2018-11-08	238,4
2018-12-08	211,0

**El promedio anual fue de 46,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por debajo de la norma de calidad de aire para exposición de un año.**

- **Año 2019**

**Sobre un total anual de 332 promedios diarios, los resultados indican que en 12 oportunidades se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación, se detallan los promedios de 24 horas que superan la norma.**

Fecha	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2019-01-20	228,7
2019-02-05	198,9
2019-02-06	152,2
2019-04-12	160,4
2019-04-16	219,9
2019-08-04	181,8
2019-08-05	156,3
2019-08-14	154,2
2019-09-23	208,8
2019-11-20	164,0
2019-12-13	201,2
2019-12-18	356,8

**El promedio anual fue de 51,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por encima de la norma de calidad de aire para exposición de un año.**

#### **1.4.5 Contaminante Ozono ( $\text{O}_3$ ) (EMCABB I)**

- **Año 2018**

**Sobre un total de 8659 datos, el valor máximo obtenido para 8 horas de exposición fue de 41 ppb en el mes de enero, no superando la norma de calidad de aire.**

- **Año 2019**

**Sobre un total de 8454 datos, el valor máximo obtenido para 8 horas de exposición fue de 37 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 8502 datos, los resultados obtenidos indican que en ninguna oportunidad se superaron las normas para 1 hora ni para 24 horas.**

**El valor máximo promedio horario obtenido fue de 30,6 en el mes de noviembre.**

#### **1.4.7 Dióxido de Nitrógeno**

**Sobre un total de 8499 datos, el máximo promedio horario obtenido fue de 34,3 ppb en el mes de julio, siendo inferior al valor normado. El promedio anual de NO<sub>2</sub> fue de 5,0 ppb, también por debajo del límite establecido.**

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

**Sobre un total anual de 340 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 148,8 µg/m<sup>3</sup>, en el mes de diciembre, no superando en ninguna oportunidad la norma de 24 horas.**

**El promedio anual fue de 30,8 µg/m<sup>3</sup>, 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)**

**Sobre un total anual de 340 promedios diarios, el máximo promedio de 24 horas fue de 60,0 µg/m<sup>3</sup> en el mes de julio por lo que en ninguna oportunidad se superó el valor de la norma.**

**El promedio anual fue de 10,7 µg/m<sup>3</sup>, encontrándose por debajo de la norma**

### **1.5 Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos en el monitoreo continuo de contaminantes básicos en Ingeniero White, indican que todos los resultados estuvieron por debajo de las normas de calidad de aire establecidas en el Dtro 1074/18.

## **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 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.

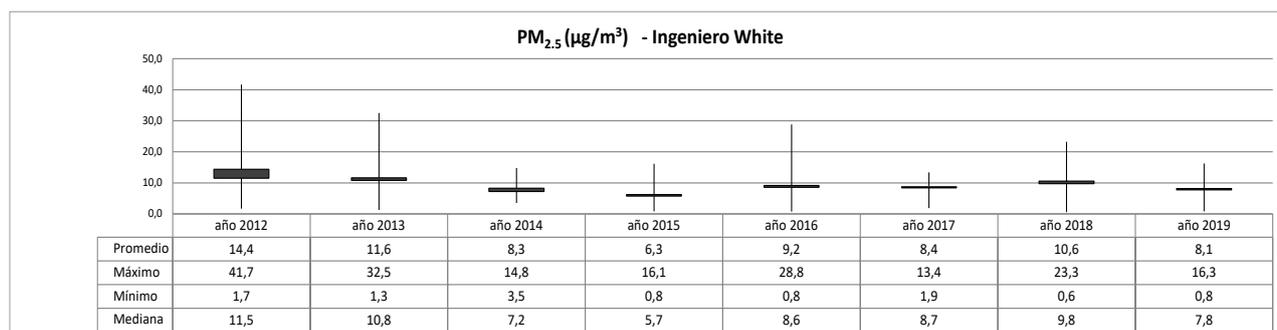
## **2.2 Marco Regulatorio**

Ver tabla inciso 1.3

## 2.3 Resultados Obtenidos

Durante el año 2019 se obtuvieron 32 muestras de 24 horas. El máximo valor obtenido fue de 16,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En ninguna oportunidad se superó el valor de la norma.

Los valores obtenidos en el año 2019 se encuentran en el mismo rango de valores históricos, de acuerdo al gráfico a continuación.



## 3. Monitoreo de Contaminantes Específicos

El análisis de estos contaminantes se complementan con los Programas de monitoreo 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 respecto a 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 inmediatas. Por otra parte, las evaluaciones de calidad de aire ofrecen información a la población, a las autoridades, y permiten evaluar impactos y tendencias a largo plazo. Además, las concentraciones esperables en una emisión son mayores respecto a los niveles en calidad de aire, por lo que es más fácil contar con medios técnicos de análisis. 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 h, 24 h 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, con el cual desarrollamos y optimizamos la metodología analítica para monitoreo en campo a niveles de  $\text{ng}/\text{m}^3$  para calidad de aire.

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 del Decreto 1074/2018, 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  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Legislación vigente**

**La Tabla B del Decreto 1074/18 fija los Niveles guía de calidad de aire para contaminantes específicos.**



Parámetro	µg/m <sup>3</sup>	Tiempo Promedio
ACETONA (67 - 64 - 1)	36000	8 horas
ÁCIDO ACÉTICO (64 - 19 - 7)	2470	8 horas
ÁCIDO CIANHIDRIDO (74 - 90 - 8)	95	15 minutos
ÁCIDO SULFÚRICO (7664 - 93 - 9)	2	8 horas
ACRILATO DE METILO (96 - 33 - 3)	3500	8 horas
AMONIACO (7664 - 41 - 7)	2430	15 minutos
	1390	30 minutos
	1800	8 horas
ANHÍDRIDO FTÁLICO (85 - 44 - 9)	300	8 horas
ANHÍDRIDO MALEICO (108 - 31 - 6)	20	8 horas
BENCENO (71 - 43 - 2)	0,096	Anual
CADMIO (7440 - 43 - 9)	0,00011	Anual
CLORURO DE HIDRÓGENO (7647 - 01 - 0)	150	24 horas
CLORURO DE VINILO (75-01-4)	1	24 horas
	0,2	Anual
CROMO (hexavalente)	0,0000167	Anual
1,2 - DICLOROETANO (107 - 06 - 02)	0,03	Anual

DIMETILAMINA (124 - 40 - 3)	2	24 horas
ESTIRENO (100 - 42 - 5)	26,3	Anual
FENOL (108 - 95 - 2)	90	8 horas
DIÓXIDO DE MANGANESO (1313 - 13 - 9)	0,054	24 horas
SULFATO DE MANGANESO (7785 - 87 - 7)	0,012	24 horas
MERCURIO VAPOR (elemental)	0,95	8 horas
MERCURIO INORGÁNICO	0,48	8 horas
MERCURIO ORGÁNICO	0,05	8 horas
METACRILATO DE METILO (80 - 62 - 6)	400	24 horas
METANOL (67 - 56 - 1)	3100	8 horas
METILETILCETONA (78 - 93 - 3)	390	24 horas
NAFTALENO (91 - 20 - 3)	120	8 horas
PENTÓXIDO DE VANADIO (1314 - 62 - 1)	1	8 horas
PROPILENO	5500	8 horas
DISULFURO DE CARBONO (75 - 15 - 0)	150	24 horas
TOLUENO (108 - 88 - 3)	1400	8 horas
XILENOS (1330 - 20 - 7)	5200	8 horas
ACROLEINA (107 - 02 - 8)	0,037	24 horas
FORMALDEHIDO (50 - 00 - 0)	0,062	Anual

### 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 ng/m<sup>3</sup>, en las áreas urbanas alrededor de 10 ng/m<sup>3</sup>, y en zonas industriales hasta de 20 ng/m<sup>3</sup>. Esto significa que la

cantidad diaria de Mercurio absorbido en el torrente sanguíneo, como resultado de la exposición respiratoria, es de aproximadamente 32 a 64 ng en áreas remotas y alrededor de 160 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 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 ng/m<sup>3</sup> cerca de campos de arroz donde se usaron fungicidas con Mercurio, y valores de hasta 18000 ng/m<sup>3</sup> cerca de una autopista de alto tránsito en Japón. Los valores de aire pueden elevarse a 600 y 1500 ng/m<sup>3</sup> cerca de minas de Mercurio y refinerías<sup>4</sup>.**

**La especie predominante de Mercurio presente en el aire (Hg<sup>0</sup>), no es mutagénica ni cancerígena. Por ello, la OMS recomienda como nivel guía para el vapor de Mercurio un valor de 1000 ng/m<sup>3</sup> 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. Por ello, 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, del Oro y otros metales. Como el Mercurio es un elemento presente de forma natural en el medio**

---

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

**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). El muestreo fue iniciando en el mes de abril y finalizando en octubre por falta de insumos.

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 SKC con relleno de Carulite (HYDRAR) 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. El límite de detección de la metodología es de 0,08 ng/m<sup>3</sup>.

### **3.1.4. Marco Normativo y de referencia**

La tabla B del Decreto 1074/18, reglamentario de la Ley Provincial 5965 establece un nivel guía para Mercurio vapor 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.

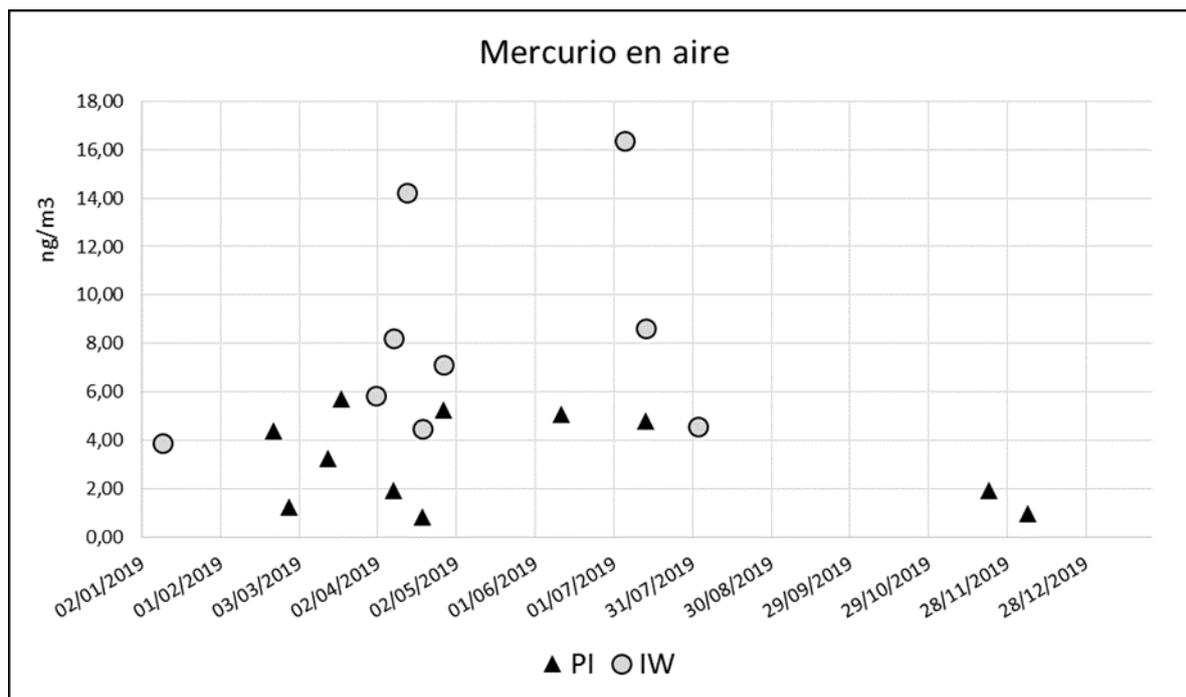
### **3.1.5. Resultados**

Durante el periodo 2019, se realizaron en total 46 determinaciones en cada sitio.

En el sitio IW, el 80% de las mediciones resultaron menores al límite de detección, mientras que el 76% lo fue en el PI, ambos porcentajes resultaron ligeramente superiores comparados a los del año 2018.

A diferencia del año anterior, durante el 2019 se completó todo el periodo anual de monitoreo. Los valores máximos registrados fueron de 5,50 ng/m<sup>3</sup> y 16,40 ng/m<sup>3</sup> en PI e IW respectivamente.

A continuación se muestran en el gráfico los valores obtenidos.



Si bien no es posible con la cantidad de datos realizar cálculos estadísticos, se puede observar del gráfico que todos los datos se encuentran por debajo de 20 ng/m<sup>3</sup>.

AL igual que años anteriores, se observa que las mayores concentraciones se obtuvieron en el sitio de IW.

En particular los registros obtenidos en el sitio PI se encuentran por debajo de la línea de 6 ng/m<sup>3</sup>.

### 3.1.6. Discusión de Resultados

Los datos son similares con los registros del período anterior. Se mantiene la tendencia de grandes porcentajes de valores no detectables reflejando nuevamente que los niveles alcanzados resultan bajos. Los valores se encuentran 2 a 3 órdenes de magnitud por debajo de los niveles guía de la legislación provincial vigente (950 ng/m<sup>3</sup>) y de los sugeridos por la OMS (1000 ng/m<sup>3</sup>)

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

## **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 SKC Anasorb CSC (coconut shell charcoal) de 60 x 6 mm, 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 1074/18 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.

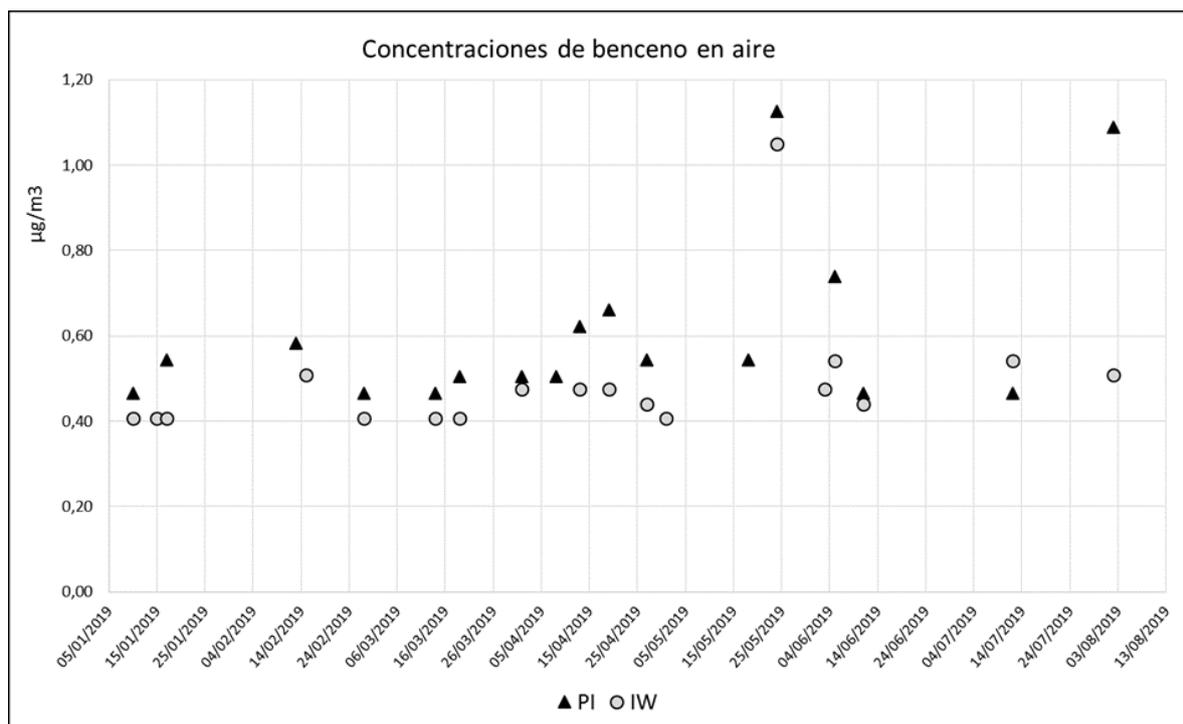
Por otra parte la Comunidad Europea establece para sus países miembros un estándar de calidad de aire para Benceno de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año de exposición.

### 3.2.5. Resultados

Considerando los valores de benceno, observamos que para el área de IW, sobre 24 determinaciones, 18 (75%) 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 1,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración promedio anual de benceno para IW resultó de 0,49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para el área de PI, sobre 24 determinaciones, 17 (70,8%) resultaron con valores detectables, con un mínimo de 0,47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo de 1,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración promedio anual de benceno para PI fue de 0,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Considerando ambos valores es posible estimar una media anual de benceno para al área de Ing. White y Parque Industrial de 0,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ .



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 anteriormente.

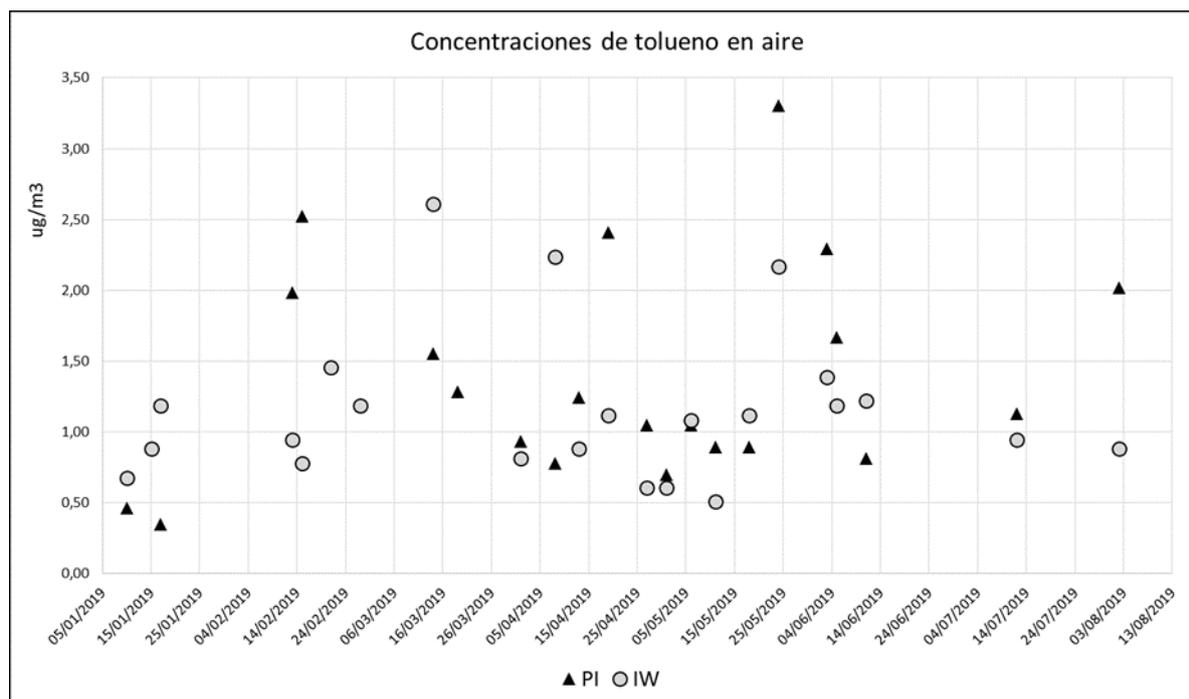
En cuanto al Tolueno, ambos sitios de muestreo presentaron un comportamiento similar.

Para el área de IW, los valores mostraron un 95,8% de datos detectables, con un valor mínimo de  $0,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , un máximo de  $2,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y una media de  $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Para el área de PI, los valores mostraron un 87,5% de datos detectables, con un valor mínimo de  $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , un máximo de  $3,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y una media de  $1,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

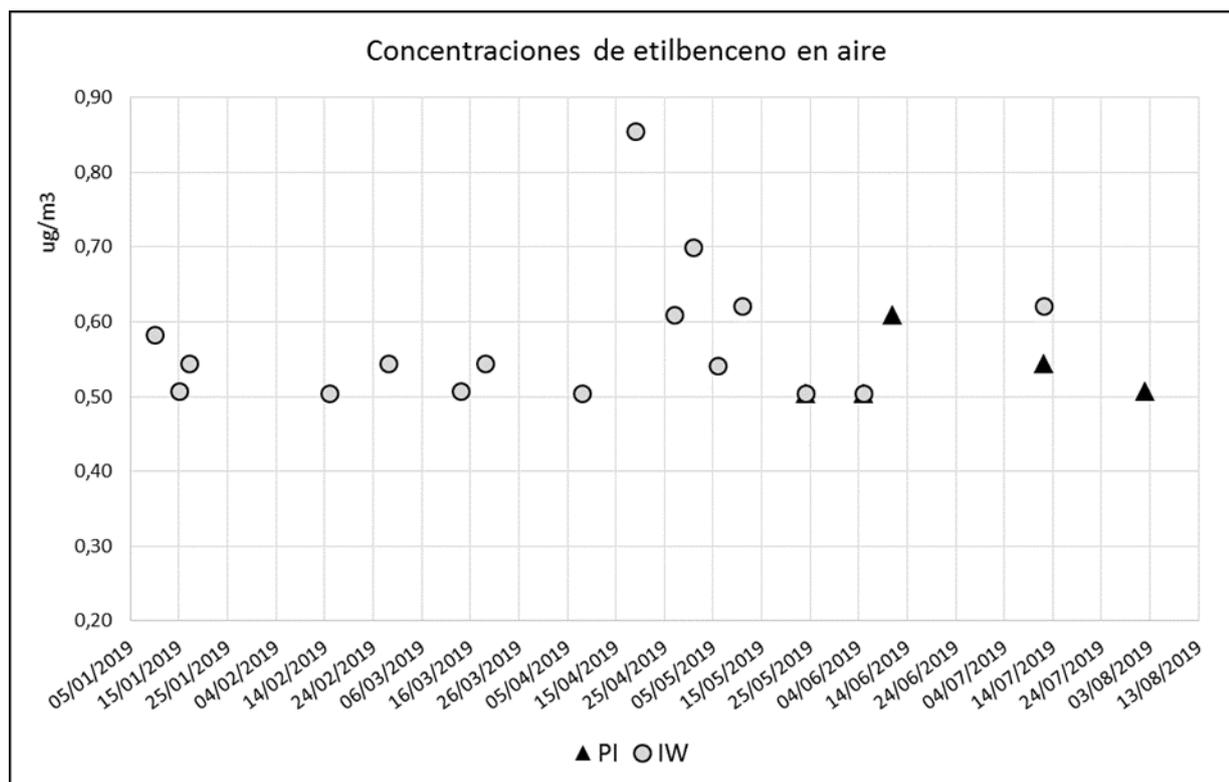
Con ambos valores es posible estimar una media anual para el área de Ing. White y Parque Industrial de  $1,28 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$ .

Los registros pueden observarse en el siguiente gráfico:



**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 el Etilbenceno, tuvo un comportamiento diferente en cada área. En el PI el 20,8 % de los valores resultaron detectables, los datos oscilaron entre 0,51 y 0,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otra parte en IW, el 66,7 % de los valores resultaron detectables, los datos oscilaron entre 0,51 y 0,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una media de 0,58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si bien los rangos de valores de cada área fueron similares, se destaca el mayor porcentaje de detectables en IW, según se observa en el siguiente gráfico.**



Respecto del o-Xileno, los datos fueron homogéneos en ambos sitios. En el global de los datos el 77,1 % de los valores resultaron no detectables. Los restantes oscilaron entre un mínimo de 0,51 y un máximo de 1,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El máximo valor obtenido está 3 órdenes de magnitud por debajo del nivel guía.

### 3.2.6. Conclusiones

Los resultados muestran valores consistentes a los monitoreos de años anteriores.

La concentración promedio anual de benceno resultó de 0,49 y 0,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para IW y PI respectivamente. Estos valores medios 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 mostraron medias de 1,15 y 1,40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en IW y PI respectivamente. Etilbeneno y o-Xileno se encuentran muy por debajo de los niveles guía de referencia.

En general, para benceno y tolueno, las concentraciones detectadas en nuestra área de estudio, son esperables de hallar en zonas rurales según indica la OMS.

## **4. Deposición Atmosférica de Contaminantes**

### **4.1. Mercurio y Nitrógeno amoniacal**

#### **4.1.1. Marco Normativo**

No existe legislación en Argentina, ni niveles guías para mercurio o nitrógeno amoniacal en los eventos de deposición atmosférica. En Europa<sup>5</sup>, existen pautas para la deposición de nitrógeno en diferentes ambientes que establecen para los ecosistemas más sensibles una cargas críticas de 500 a 1000 mg/m<sup>2</sup> por año, y un valor promedio para los ecosistemas naturales y seminaturales de 1500 a 2000 mg/m<sup>2</sup> por año.

#### **4.1.2. Deposición Atmosférica Húmeda (Lluvia)**

#### **4.1.3. 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.

Para el muestreo fue empleado un equipo automatizado, de fabricación propia, que permite la recolección de la lluvia y el registro de la precipitación, con apertura automática al inicio de la misma. El equipo fue fabricado en función de otros modelos de recolección de lluvia empleados por la NOAA<sup>6</sup> y de publicaciones científicas<sup>7</sup>. Es controlado y operado mediante una aplicación de código abierto desde un teléfono celular.

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).

<sup>5</sup> *Air Quality Guidelines for Europe – 2nd edition. Copenhagen, 2000.*

<sup>6</sup> <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/programs/esrl/prec/prec.html>

<sup>7</sup> <https://pubs.usgs.gov/gip/acidrain/2.html>

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.

La determinación de nitrógeno amoniacal se realiza por la metodología SM 4500 NH3 F, con equipo HACH DR 2700.

#### 4.1.4. Resultados

Se recolectaron 16 precipitaciones durante el 2019. Se analizó: pH, concentración de mercurio y de nitrógeno amoniacal. Cabe mencionar que en esta oportunidad se logró recolectar un alto porcentaje de las precipitaciones (>80%), permitiendo que éste sea un registro anual representativo del período evaluado. Por la misma razón, se logró un registro representativo con los datos de nitrógeno amoniacal, que alcanzaron un acumulado de 22,7 mg/m<sup>2</sup>/año, así por segundo año consecutivo se informa un resultado de la deposición anual de este parámetro.

El valor medio de pH fue de 6,6 upH, con un mínimo de 6,2 y un máximo de 7,2 upH. La deposición acumulada anual de mercurio fue de 8,50 µg/m<sup>2</sup>/año. La deposición acumulada anual de nitrógeno amoniacal fue de 22,7 mg/m<sup>2</sup>/año. En la siguiente tabla se observan los registros obtenidos durante el periodo 2019.

Sitio	Fecha	pH	Dep. Hg (µg/m <sup>2</sup> )	Dep. Nit Amoniacal (mg/m <sup>2</sup> )
CTE	01/01/2019	NA	1,43	<LD
	24/02/2019	NA	0,16	<LD
	02/05/2019	NA	0,27	<LD
	04/05/2019	NA	1,76	1,99
	07/05/2019	NA	<LD	<LD
	09/05/2019	6,5	<LD	1,12
	10/05/2019	6,3	0,42	0,36
	12/06/2019	6,6	0,38	1,13
	21/08/2019	7,2	<LD	<LD
	02/09/2019	NA	<LD	<LD
	15/09/2019	6,8	1,33	5,18
	17/10/2019	6,4	<LD	1,74
	22/10/2019	6,5	<LD	<LD
	26/10/2019	6,8	<LD	5,60
	29/10/2019	6,5	<LD	3,33
	11/11/2019	6,2	2,74	1,82

<LD: Menor al límite de detección; NA: No Analizado

La deposición acumulada anual de mercurio y nitrógeno amoniacal en otros ambientes del mundo en comparación con nuestra área de muestreo se muestran a continuación:

Comparación con otras área del contenido de Mercurio en las Deposiciones Húmedas ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$ )		
Ciudad y periodo	Hg deposición	Referencia
Poznán, 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)
Yu-Shan National Park, Taiwan (2010 a 213)	32,3	Ly Sy Phu Nguyen et al. (2019)
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)	13,2	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2017 - N=8)	5,8	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2018 - N=29)	31,4	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2019)	8,5	este informe

Nitrógeno amoniacal en las Deposiciones Húmedas ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$ )		
Ciudad	$\text{N}_{\text{NH}_3}$ deposición	Referencia
Rafaela, Santa Fe (1972-1979)	690 <sup>1</sup>	INTA-EERA (1981)
EEUU (1998)	< 100 hasta 700	NADP <sup>2</sup> (2000)
Pqe. Nac. Puyehue, Chile (1999-2000)	42 a 579	Oyarzun C. <i>et al.</i> (2002)
Mt. Lulin, Taiwan	32,3	Nguyen <i>et al.</i> (2019)
Pengjiayu, Taiwan	10,2	Sheu and Lin, 2013
Mt. Waliguan, China	2,0	Fu <i>et al.</i> , 2016
Mt. Waliguan, China	6,1	Fu <i>et al.</i> , 2017
Mt. Ailao, China	7,2	Fu <i>et al.</i> , 2018
Bahía Blanca, Argentina (2017 - N=8)	28,6	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2018)	42,7	CTE-MBB
Bahía Blanca, Argentina (2019)	22,7	este informe

1. Promedio anual de todos los años evaluados

2. National Atmospheric Deposition Program

#### 4.1.5. Conclusiones

El valor medio de pH en el agua de lluvia fue de 6,6 upH, con un mínimo de 6,2 y un máximo de 7,2 upH, valores que se han mantenido estable en los últimos años de monitoreo, descartando en este monitoreo la presencia de lluvias ácidas.

**Para este período, la deposición acumulada anual de mercurio fue de 8,50  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$ , muy por debajo del valor obtenido el año pasado, y en un mismo orden de magnitud que el 2017, probablemente por la menor cantidad de precipitaciones y por ende de muestras analizadas.**

**La deposición acumulada anual de nitrógeno amoniacal fue de 22,7  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{año}$ , claramente menor a la del año 2018, y muy similar a la de 2017, probablemente por la menor cantidad de precipitaciones y por ende de muestras analizadas.**

## **4.2. Deposición Atmosférica de Metales Pesados**

### **4.2.1. 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 realiza 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 realizó el monitoreo de Deposición Atmosférica Húmeda (lluvia) para la determinación específica de Mercurio y Nitrógeno amoniacal siguiendo con los lineamientos del Programa Nacional de Deposición Atmosférica de Estados Unidos (NADP).**

### **4.2.2. Objetivos**

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

#### **4.2.3. 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 abril a diciembre de 2019.

Los recipientes utilizados para la recolección de la muestra son de PVC, de un diámetro interno de 15,35 cm, ubicados a 1,5 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.

#### **4.2.4. 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.

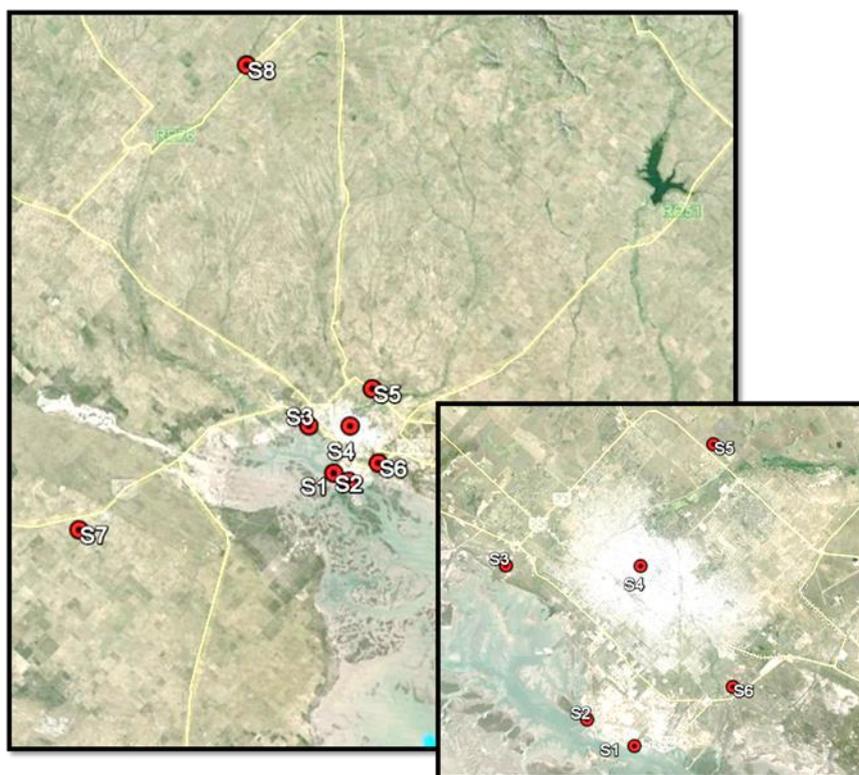
La técnica analítica descripta, fue realizada por el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Lanaqui-Cerzos-Conicet).

#### 4.2.5. Área de estudio

Los muestreos se realizaron en 6 sitios distribuidos entre la ciudad y la región.

- S1: Club Náutico Bahía Blanca
- S2: Empresa Tegral – Puerto Galván
- S3: Planta Tratamiento Cloacal – 3ra Cuenca
- S5: Conicet- Cribabb Bahía Blanca
- S7: Termas de Médanos – Km 737 Ruta 22
- 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 ( $38^{\circ} 47' 21.6 \text{ S} - 62^{\circ} 16' 48.6 \text{ O}$ ) 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 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 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 ( $38^{\circ} 13' 49.68 \text{ S} - 62^{\circ} 25' 58.92$

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. Por motivos ajenos a nuestra organización no se pudo realizar el monitoreo en los sitios S4 y S6.

#### 4.2.6. Resultados

Los resultados que se muestran a continuación son parciales, ya que solo pudieron ejecutarse 3 periodos de muestreo, entre los meses de abril a diciembre de 2019.

Al igual que en monitoreos anteriores, se detectó la presencia de todos los metales en estudio en los 3 períodos de monitoreo excepto para el Cadmio, cuyos valores resultaron menor al límite de detección.

Con los resultados obtenidos, junto con la secuencia histórica de valores que disponemos en la base de datos se realizó una proyección empleando una ecuación de regresión lineal simple para obtener una estimación del valor anual para el 2019 que nos aproxima a un valor esperado de la deposición atmosférica anual.

La tabla a continuación muestra los valores de TDA expresadas en mg/m<sup>2</sup>/año para los 5 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</b>	<0,06	37,7	74,9	42,8	0,86	0,88
<b>Bahía Blanca, 2019</b> (último informe)	<0,06	6,85	74,6	30,1	1,00	0,71

**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.

#### 4.2.7. Conclusiones

Los valores de TDA para el 2019 se hallaron dentro del rango histórico registrado para el área de monitoreo, a excepción del cobre que mostró un valor muy bajo.

Respecto a la comparación en otros sitios, resulta llamativo el alto valor de plomo hallado en nuestra región y que se ha sostenido en el tiempo. No hay una interpretación concluyente para estos valores de plomo, a excepción de considerar su histórico uso como antidetonante de las naftas, y su permanencia en el ambiente con vías de resuspensión, evaporación, deposición y dispersión. En el año 1998, la Secretaría de Energía a través de la Subsecretaría de Combustibles, limitó formalmente el contenido máximo de plomo en todas las naftas comercializadas en la República Argentina a un valor de 13 mg/L (Disposición 285/98). Este valor es insignificante y resulta equivalente a exigir una adición nula de tetraetilo de plomo en las naftas, sin embargo existe una tasa de emisión de plomo a la atmósfera aportada por el parque automotor que deberá ser evaluada. El Tetraetilo de plomo así como otros compuestos órgano-metálicos han sido empleados como antidetonantes en las naftas durante décadas, luego se descubrió su efecto contaminante y su empleo comenzó a reducirse.

Los valores hallados continúan demostrando la presencia de metales en las muestras de deposición atmosférica, por lo que se confirma ésta como una vía de ingreso de metales a los diferentes compartimientos ambientales que se desean estudiar, por lo que no debería desestimarse para la evaluación del impacto ambiental de contaminantes atmosféricos.

## 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>), Ozono (O<sub>3</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) no han superado los límites establecidos por la legislación vigente. El Material Particulado en Suspensión (PM-10) ha superado la norma para 24 horas de exposición en 7 oportunidades durante el año 2018 y en 12 oportunidades durante el 2019 en la EMCABB I y mientras que no se superó en ninguna oportunidad la norma en la EMCABB II. Respecto a los promedios anuales de PM<sub>10</sub> fue superado en el año 2019 en la EMCABB I. 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.**

**Se continuó con los monitoreos de contaminantes específicos en calidad de aire para Mercurio y BTEX. Los resultados fueron similares a los obtenidos durante en años anteriores. Se comparan los resultados con Normativas Provinciales y europeas.**

**Los valores de mercurio en aire obtenidos se encuentran 2 a 3 órdenes de magnitud por debajo de los niveles guía de la legislación vigente. 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.**

**Los valores promedios de benceno se encuentran por encima de lo establecido por la legislación provincial como nivel guía y por debajo de los estándares de la Comunidad Europea. Los valores de Tolueno y o-Xileno se encuentran muy por debajo de los niveles guía de referencia. En particular Etilbenceno, mostró para este período mayores valores detectables que en años anteriores, sin embargo muy por debajo de los niveles guía de referencia.**

**Los registros de la deposición acumulada húmeda de mercurio fueron menores a los detectados en años anteriores. Probablemente por la menor cantidad de precipitaciones registradas y por ende la menor cantidad de muestras recolectadas; un comportamiento similar tuvo el Nitrógeno amoniacal, con un valor menor al del año anterior. Frente a las pautas europeas mencionadas anteriormente en "Marco Normativo" los valores registrados en nuestra área de estudio no se prevén que se generen perjuicios a la vegetación existente ni a los ambientes naturales.**

**Para la deposición atmosférica de metales, los valores hallados continúan demostrando la presencia de metales en todas las muestras, confirmando ésta como una vía de ingreso a los diferentes compartimientos ambientales.**



# ANEXO

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores



Subprograma: **Atmosfera**

RESULTADOS EMCABB

**Tabla I Monóxido de Carbono (ppm) – Datos promedio horarios-año 2018**

CO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	0,81	1,71	1,44	1,05	1,54	1,82	2,50	2,56	1,59	0,88	1,54	0,60
<b>promedio</b>	0,12	0,14	0,07	0,13	0,15	0,15	0,29	0,39	0,45	0,28	0,25	0,22
<b>mediana</b>	0,11	0,12	0,03	0,11	0,10	0,13	0,27	0,34	0,42	0,25	0,25	0,21
<b>mínimo</b>	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	0,20	0,28	0,10	0,09	0,11
<b>varianza</b>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
<b>desv estándar</b>	0,06	0,10	0,10	0,11	0,17	0,15	0,17	0,19	0,13	0,12	0,10	0,05
<b>rango</b>	0,78	1,68	1,42	1,02	1,51	1,79	2,40	2,36	1,31	0,78	1,45	0,50
<b>numero de datos</b>	738	646	741	627	734	718	742	740	717	726	710	742
<b>rango inter</b>	0,06	0,10	0,04	0,11	0,12	0,14	0,11	0,10	0,12	0,10	0,10	0,06
<b>cv</b>	52,74	73,65	142,44	82,46	116,12	98,47	59,05	47,59	29,37	42,82	41,98	24,16
<b>coef. Skew</b>	3,78	6,02	7,58	3,35	4,13	4,49	5,68	5,23	3,39	1,63	5,64	1,67
<b>coef. Kurt</b>	31,86	79,85	84,89	19,31	22,93	33,75	52,15	40,57	18,52	2,77	60,27	6,71
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,06	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,17	0,28	0,35	0,17	0,15	0,16
<b>25</b>	0,08	0,08	0,03	0,05	0,05	0,05	0,21	0,31	0,37	0,20	0,19	0,19
<b>50</b>	0,11	0,12	0,03	0,11	0,10	0,13	0,27	0,34	0,42	0,25	0,25	0,21
<b>75</b>	0,14	0,18	0,07	0,16	0,17	0,19	0,32	0,41	0,49	0,30	0,29	0,24
<b>90</b>	0,19	0,26	0,14	0,22	0,28	0,28	0,41	0,51	0,57	0,49	0,32	0,28
<b>95</b>	0,22	0,29	0,17	0,31	0,43	0,41	0,54	0,65	0,65	0,53	0,36	0,30
<b>99</b>	0,28	0,40	0,43	0,53	0,94	0,72	1,01	1,23	1,01	0,64	0,48	0,38
<b>99,99</b>	0,80	1,65	1,42	1,04	1,53	1,79	2,45	2,52	1,58	0,88	1,53	0,59

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.

**Tabla II Monóxido de Carbono (ppm) – Datos promedio horarios-año 2019**

CO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	0,62	1,37	1,33	1,97	2,31	1,94	3,59	3,08	0,97	1,19	2,12	0,54
<b>promedio</b>	0,27	0,30	0,21	0,47	0,57	0,27	0,33	0,42	0,36	0,60	0,39	0,17
<b>mediana</b>	0,26	0,32	0,20	0,29	0,48	0,21	0,26	0,38	0,33	0,58	0,53	0,18
<b>mínimo</b>	0,14	0,07	0,09	0,09	0,22	0,05	0,06	0,18	0,19	0,37	< LD	< LD
<b>varianza</b>	0,00	0,01	0,01	0,10	0,06	0,03	0,08	0,06	0,01	0,01	0,08	0,01
<b>desv estándar</b>	0,06	0,11	0,08	0,32	0,25	0,18	0,28	0,24	0,11	0,11	0,29	0,11
<b>rango</b>	0,48	1,30	1,24	1,88	2,09	1,89	3,53	2,90	0,78	0,82	2,09	0,51
<b>numero de datos</b>	742	663	740	709	734	682	739	742	702	658	494	739
<b>rango inter</b>	0,06	0,13	0,07	0,58	0,35	0,19	0,15	0,13	0,13	0,13	0,52	0,19
<b>cv</b>	21,46	36,34	37,76	68,60	44,11	66,26	84,88	55,66	29,29	17,62	74,15	63,85
<b>coef. Skew</b>	1,14	1,79	5,21	0,55	1,79	2,09	5,36	5,38	1,75	0,96	0,41	0,34
<b>coef. Kurt</b>	2,56	16,77	54,91	-0,48	5,63	10,38	42,08	41,96	5,21	1,31	0,80	-0,39
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,21	0,15	0,15	0,14	0,34	0,11	0,16	0,27	0,26	0,49	0,04	0,03
<b>25</b>	0,23	0,23	0,17	0,17	0,40	0,15	0,20	0,31	0,29	0,53	0,12	0,05
<b>50</b>	0,26	0,32	0,20	0,29	0,48	0,21	0,26	0,38	0,33	0,58	0,53	0,18
<b>75</b>	0,29	0,36	0,24	0,75	0,75	0,34	0,35	0,44	0,42	0,66	0,64	0,24
<b>90</b>	0,35	0,39	0,28	0,83	0,87	0,55	0,50	0,56	0,49	0,77	0,71	0,31
<b>95</b>	0,38	0,42	0,32	0,92	0,99	0,61	0,68	0,74	0,53	0,81	0,74	0,36
<b>99</b>	0,42	0,53	0,50	1,24	1,52	0,75	1,63	1,58	0,74	0,87	0,87	0,45
<b>99,99</b>	0,61	1,35	1,29	1,94	2,28	1,87	3,52	3,04	0,97	1,18	2,07	0,54

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.

**Tabla III Dióxido de Azufre (ppb) – Datos promedio horarios-año 2018**

<b>SO2</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>	13,1	10,2	4,2	3,3	2,3	2,2	14,9	17,8	8,1	22,1	12,4	3,7
<b>promedio</b>	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8	1,0	1,1	0,7	0,6
<b>mediana</b>	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	0,4	0,4
<b>mínimo</b>	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
<b>varianza</b>	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	1,1	1,8	0,9	2,1	0,6	0,3
<b>desv estándar</b>	0,5	0,4	0,4	0,2	0,2	0,5	1,1	1,3	1,0	1,5	0,8	0,6
<b>rango</b>	12,8	9,8	3,8	3,1	2,0	1,9	14,6	17,5	7,8	21,8	12,1	3,3
<b>numero de datos</b>	739	648	741	413	633	35	740	741	718	721	689	131
<b>rango inter</b>	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,1
<b>cv</b>	130,1	75,0	61,6	35,8	49,5	61,8	138,1	174,7	100,8	127,9	116,4	95,2
<b>coef. Skew</b>	18,4	23,3	5,0	6,9	5,1	0,9	7,0	8,7	3,1	6,5	8,0	3,7
<b>coef. Kurt</b>	407,4	575,5	30,1	77,1	36,2	-0,1	70,3	92,5	11,6	67,5	95,7	14,9
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
<b>25</b>	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4
<b>50</b>	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	0,4	0,4
<b>75</b>	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	1,2	0,7	0,7	1,0	1,1	0,6	0,5
<b>90</b>	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	1,7	1,4	1,2	2,1	2,1	1,1	1,1
<b>95</b>	0,6	0,6	1,2	0,9	0,7	1,9	2,1	1,8	2,7	3,3	1,8	1,9
<b>99</b>	1,6	1,0	2,8	1,3	1,3	2,2	4,9	5,9	5,1	8,1	3,3	3,6
<b>99,99</b>	12,5	9,6	4,2	3,2	2,3	2,2	14,7	17,8	8,0	21,3	12,1	3,7

**Tabla IV Dióxido de Azufre (ppb) – Datos promedio horarios-año 2019**

<b>SO2</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>	6,6	6,1	5,5	8,3	13,0	12,4	53,6	18,6	13,0	9,0	5,1	12,6
<b>promedio</b>	0,6	0,6	0,6	1,5	1,7	1,2	2,0	1,1	1,0	0,7	0,6	0,7
<b>mediana</b>	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5
<b>mínimo</b>	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>varianza</b>	0,2	0,3	0,4	2,0	2,3	2,8	15,8	2,3	1,7	1,1	0,3	0,7
<b>desv estándar</b>	0,5	0,5	0,6	1,4	1,5	1,7	4,0	1,5	1,3	1,0	0,5	0,8
<b>rango</b>	6,3	5,7	5,2	8,1	12,6	12,1	53,3	18,3	12,7	8,7	4,8	12,3
<b>numero de datos</b>	741	663	737	541	732	684	739	741	701	657	712	739
<b>rango inter</b>	0,1	0,1	0,2	2,6	2,6	0,7	1,4	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2
<b>cv</b>	85,9	90,1	95,7	96,2	91,4	144,1	201,1	132,2	132,0	138,3	88,0	119,4
<b>coef. Skew</b>	6,4	4,9	4,5	1,1	2,0	4,1	7,3	4,9	4,1	4,8	5,4	6,7
<b>coef. Kurt</b>	54,2	30,3	24,0	0,8	7,9	18,6	72,9	35,3	20,8	25,5	36,2	68,7
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
<b>25</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>50</b>	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5
<b>75</b>	0,5	0,5	0,6	3,0	3,1	1,1	1,9	1,1	0,8	0,6	0,5	0,6
<b>90</b>	0,8	0,9	1,0	3,3	3,4	2,1	4,1	2,3	2,0	1,1	0,8	1,2
<b>95</b>	1,2	1,5	1,6	3,5	3,8	4,4	7,2	4,0	3,7	2,3	1,3	2,1
<b>99</b>	2,9	3,4	3,9	5,8	7,1	9,8	15,5	7,5	6,8	5,7	3,0	4,1
<b>99,99</b>	6,5	6,0	5,5	8,2	12,9	12,4	52,9	18,1	12,7	9,0	5,1	12,2

**Tabla V Dióxido de nitrógeno NO2 (ppb) – Datos promedio horarios-año 2018**

NO2	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	27,5	53,5	40,6	49,1	50,7	35,5	66,1	53,0	35,9	48,3	---	---
<b>promedio</b>	5,6	7,3	6,6	7,2	8,6	7,9	8,7	8,8	7,5	6,2	---	---
<b>mediana</b>	4,4	5,9	5,3	5,3	6,9	5,8	6,5	6,2	5,9	4,5	---	---
<b>mínimo</b>	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	---	---
<b>varianza</b>	17,7	29,1	35,9	42,9	49,0	47,4	65,1	53,3	34,2	29,7	---	---
<b>desv estándar</b>	4,2	5,4	6,0	6,6	7,0	6,9	8,1	7,3	5,8	5,4	---	---
<b>rango</b>	27,2	53,3	40,4	48,9	50,5	35,3	65,9	52,6	35,5	47,9	---	---
<b>numero de datos</b>	737	568	722	710	734	718	629	611	718	667	---	---
<b>rango inter</b>	4,4	5,6	6,8	7,1	8,3	8,6	8,9	8,5	6,8	5,5	---	---
<b>cv</b>	75,4	74,1	91,0	90,6	81,6	87,2	92,7	83,2	77,9	88,5	---	---
<b>coef. Skew</b>	1,7	2,5	1,9	1,8	1,6	1,4	2,0	1,7	1,5	2,2	---	---
<b>coef. Kurt</b>	4,0	12,7	5,3	4,3	4,0	1,8	6,6	3,8	2,7	7,4	---	---
<b>percentiles</b>											---	---
<b>10</b>	1,5	2,2	0,8	0,9	1,3	1,4	1,2	2,1	1,9	1,4	---	---
<b>25</b>	2,7	3,7	2,2	2,7	3,6	2,6	3,0	3,5	3,3	2,5	---	---
<b>50</b>	4,4	5,9	5,3	5,3	6,9	5,8	6,5	6,2	5,9	4,5	---	---
<b>75</b>	7,1	9,3	9,0	9,8	11,9	11,2	11,9	12,0	10,1	8,0	---	---
<b>90</b>	11,2	13,8	13,3	16,0	18,4	17,5	19,3	18,6	15,4	13,8	---	---
<b>95</b>	13,9	17,1	18,7	20,5	22,1	23,2	24,8	23,4	19,6	17,1	---	---
<b>99</b>	21,6	23,6	28,0	31,0	30,5	29,4	37,4	31,7	27,7	26,2	---	---
<b>99,99</b>	27,3	52,6	40,5	48,1	50,3	35,5	65,0	52,2	35,7	47,0	---	---

**Tabla VI Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (ppb) – Datos promedio horarios-año 2019**

NO <sub>2</sub>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	---	--	8,1	22,2	34,5	20,4	49,9	31,8	30,9	19,7	23,3	16,3
<b>promedio</b>	---	--	4,0	5,8	6,1	4,8	7,1	5,8	3,8	3,6	2,9	2,7
<b>mediana</b>	---	--	3,8	5,2	5,1	3,8	5,2	4,5	2,7	2,6	2,1	2,2
<b>mínimo</b>	---	--	2,0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
<b>varianza</b>	---	--	2,0	13,4	17,5	12,7	38,3	22,5	12,4	8,9	6,8	3,8
<b>desv estándar</b>	---	--	1,4	3,7	4,2	3,6	6,2	4,7	3,5	3,0	2,6	1,9
<b>rango</b>	---	--	6,1	22,0	34,1	20,0	49,5	31,5	30,7	19,4	23,0	16,0
<b>numero de datos</b>	---	--	60	707	732	684	738	647	701	656	712	738
<b>rango inter</b>	---	--	2,2	4,7	5,6	5,0	6,6	5,8	3,2	3,1	2,4	2,0
<b>cv</b>	---	--	34,8	62,8	68,8	75,0	86,9	81,2	92,2	83,8	89,7	72,5
<b>coef. Skew</b>	---	--	0,7	1,3	1,4	1,1	2,1	1,5	2,3	1,9	3,0	1,8
<b>coef. Kurt</b>	---	--	-0,1	2,0	3,5	1,1	6,5	2,8	8,4	4,6	14,8	5,4
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	---	--	2,6	2,1	1,7	1,0	1,6	1,4	0,9	1,0	0,8	0,8
<b>25</b>	---	--	2,9	3,0	2,8	2,0	2,8	2,3	1,6	1,5	1,3	1,4
<b>50</b>	---	--	3,8	5,2	5,1	3,8	5,2	4,5	2,7	2,6	2,1	2,2
<b>75</b>	---	--	5,1	7,6	8,4	7,0	9,4	8,0	4,8	4,6	3,7	3,4
<b>90</b>	---	--	5,9	10,6	11,9	9,8	14,7	12,4	8,4	7,7	5,7	5,3
<b>95</b>	---	--	6,2	13,0	13,7	11,7	20,0	15,7	10,9	9,9	7,8	6,6
<b>99</b>	---	--	7,5	17,2	18,5	15,0	28,3	21,6	15,6	15,0	12,1	8,8
<b>99,99</b>	---	--	8,1	22,2	33,9	20,4	49,4	31,4	30,4	19,7	23,3	16,0

**Tabla VII Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Datos promedio de 24 horas-  
año 2018**

PM10	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	179,2	212,9	179,8	142,0	103,4	104,7	90,6	140,7	144,6	184,5	238,4	211,0
<b>promedio</b>	66,8	58,2	57,1	45,2	37,2	42,5	29,0	52,6	41,5	35,6	42,1	53,1
<b>mediana</b>	60,3	41,2	46,8	34,9	31,2	37,6	29,0	44,8	36,2	30,1	33,8	44,7
<b>mínimo</b>	23,1	24,6	9,1	13,2	11,5	9,5	4,9	20,1	8,4	15,0	8,3	15,2
<b>varianza</b>	1779,4	1723,1	1527,8	881,4	447,8	546,0	376,4	885,4	784,7	915,2	1752,2	1351,7
<b>desv estándar</b>	42,2	41,5	39,1	29,7	21,2	23,4	19,4	29,8	28,0	30,3	41,9	36,8
<b>rango</b>	156,1	188,3	170,8	128,9	91,9	95,2	85,8	120,6	136,2	169,4	230,0	195,8
<b>numero de datos</b>	29	25	29	30	30	26	31	30	30	29	30	31
<b>rango inter</b>	50,7	31,9	56,2	24,4	28,2	20,2	27,7	40,6	30,9	12,9	24,8	28,0
<b>cv</b>	63,1	71,3	68,5	65,7	56,9	55,0	66,9	56,6	67,5	85,0	99,4	69,2
<b>coef. Skew</b>	1,2	2,5	1,1	1,8	1,2	1,2	1,1	1,3	1,8	4,5	3,8	2,9
<b>coef. Kurt</b>	0,7	7,7	1,8	3,5	1,8	1,4	1,8	1,9	5,2	22,5	17,5	11,0
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	32,7	28,3	12,7	20,5	15,7	22,0	8,8	24,6	16,1	17,8	13,0	25,7
<b>25</b>	37,9	32,0	27,9	27,1	20,2	30,0	13,9	29,3	21,8	24,4	21,2	31,4
<b>50</b>	60,3	41,2	46,8	34,9	31,2	37,6	29,0	44,8	36,2	30,1	33,8	44,7
<b>75</b>	88,6	63,8	84,2	51,5	48,4	50,2	41,6	69,9	52,7	37,2	46,0	59,4
<b>90</b>	124,4	105,1	94,0	75,7	61,1	72,2	51,5	83,8	74,3	45,7	64,7	84,8
<b>95</b>	157,9	115,6	111,2	106,9	70,7	92,6	57,4	107,7	78,2	52,9	87,0	103,0
<b>99</b>	174,8	189,8	161,9	134,8	94,2	103,2	81,0	135,7	126,3	148,1	195,5	179,8
<b>99,99</b>	179,2	212,7	179,7	142,0	103,3	104,7	90,5	140,6	144,4	184,1	237,9	210,7



**Tabla VIII Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Datos promedio de 24 horas-  
año 2019**

PM10	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	228,7	198,9	107,4	219,9	61,9	73,9	133,1	181,8	208,8	109,6	164,0	356,8
<b>promedio</b>	66,8	79,2	45,0	57,0	32,9	27,8	43,1	57,3	51,1	36,9	57,2	65,8
<b>mediana</b>	51,8	68,2	33,4	44,4	30,9	26,5	37,0	40,4	31,4	30,4	42,1	45,9
<b>mínimo</b>	28,5	37,9	14,3	11,0	11,5	4,3	15,1	9,9	10,7	10,2	15,9	9,9
<b>varianza</b>	1826,4	1693,2	425,3	1987,9	181,8	271,4	590,4	1776,6	2159,4	480,9	1582,9	4499,9
<b>desv estándar</b>	42,7	41,1	20,6	44,6	13,5	16,5	24,3	42,1	46,5	21,9	39,8	67,1
<b>rango</b>	200,2	161,0	93,1	208,9	50,4	69,6	118,0	171,9	198,1	99,4	148,1	346,8
<b>numero de datos</b>	31	21	24	29	29	24	30	30	28	27	30	29
<b>rango inter</b>	40,0	30,2	21,1	26,0	16,9	20,6	24,1	35,7	38,5	23,3	45,3	30,2
<b>cv</b>	64,0	52,0	45,8	78,2	41,0	59,3	56,4	73,6	90,9	59,4	69,6	102,0
<b>coef. Skew</b>	2,1	1,5	1,7	2,3	0,6	0,9	2,0	1,8	2,0	1,5	1,4	3,4
<b>coef. Kurt</b>	5,8	2,1	4,0	6,1	-0,3	0,9	5,7	2,8	4,0	3,3	1,1	13,2
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	31,6	44,9	20,3	22,8	17,1	12,4	19,6	22,4	19,8	15,7	19,6	24,3
<b>25</b>	38,7	61,6	24,9	33,9	23,3	17,0	28,3	29,6	23,6	23,0	29,5	37,2
<b>50</b>	51,8	68,2	33,4	44,4	30,9	26,5	37,0	40,4	31,4	30,4	42,1	45,9
<b>75</b>	78,7	91,7	46,0	59,9	40,2	37,6	52,4	65,2	62,0	46,2	74,8	67,4
<b>90</b>	109,2	139,9	62,9	104,4	54,2	48,3	62,4	98,5	127,5	61,3	111,1	99,1
<b>95</b>	133,4	152,2	69,5	147,1	57,5	56,5	81,8	155,4	132,4	68,0	142,9	169,8
<b>99</b>	200,6	189,5	98,8	203,3	60,9	70,1	120,3	174,4	188,5	99,3	158,6	313,2
<b>99,99</b>	228,4	198,8	107,3	219,7	61,9	73,8	133,0	181,7	208,6	109,5	164,0	356,3



**Tabla IX Ozono (ppb) – Datos promedio horarios-año 2018**

O3	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo (8 horas)	41	39	31	28	19	26	30	29	33	31	28	36
promedio	19	18	14	13	8	13	15	16	17	18	16	19
mediana	17	16	14	13	8	14	15	18	18	19	16	18
mínimo	1	< LD	1	2								
varianza	89	90	53	52	34	44	60	67	71	54	45	64
desv estándar	9	9	7	7	6	7	8	8	8	7	7	8
rango	47	57	35	30	27	27	30	31	37	34	36	39
numero de datos	739	649	743	719	736	697	741	740	717	726	710	742
rango inter	13	13	11	11	10	10	12	13	13	11	10	11
cv	49	53	51	57	69	52	53	49	50	41	42	43
coef. Skew	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
coef. Kurt	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0
percentiles												
10	8	7	5	2	1	2	3	3	4	7	7	9
25	13	11	9	7	3	8	9	10	11	12	11	13
50	17	16	14	13	8	14	15	18	18	19	16	18
75	26	24	20	18	13	18	21	23	24	23	21	24
90	33	31	25	21	16	21	25	27	27	26	25	30
95	37	35	26	24	19	23	27	27	28	29	27	34
99	42	42	30	28	21	25	30	30	35	32	32	37
99,99	48	56	35	30	27	27	30	31	37	34	36	41

**Referencias:**

**LD: Límite de detección de 1 ppb.**



**Tabla X Ozono (ppb) – Datos promedio horarios-año 2019**

O3	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo (8 horas)	32	29	28	26	22	23	23	33	35	32	37	36
promedio	17	15	15	13	11	12	12	18	19	19	18	18
mediana	16	15	16	14	11	13	13	19	21	20	18	17
mínimo	1	1	< LD	< LD	< LD	1	< LD	< LD	< LD	< LD	1	< LD
varianza	42	46	39	44	43	37	46	70	63	53	54	62
desv estándar	6	7	6	7	7	6	7	8	8	7	7	8
rango	47	38	40	29	30	25	26	36	56	42	43	48
numero de datos	742	663	740	604	732	684	738	742	701	657	712	739
rango inter	9	8	8	10	11	10	11	12	10	11	8	10
cv	39	45	42	50	63	50	55	48	42	39	40	43
coef. Skew	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
coef. Kurt	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	0	0
percentiles												
10	9	6	6	4	2	3	2	4	7	8	10	9
25	12	11	11	8	5	7	7	12	14	13	14	13
50	16	15	16	14	11	13	13	19	21	20	18	17
75	21	19	19	18	16	17	18	24	24	24	22	23
90	25	24	22	21	19	20	21	27	27	27	29	30
95	28	27	24	23	22	21	22	29	29	29	33	33
99	34	31	29	26	24	24	25	33	33	33	38	36
99,99	47	39	39	29	30	26	26	36	56	42	44	48

Referencias:

LD: Límite de detección de 1 ppb.

## RESULTADOS EMCABB II

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

<b>SO2</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>	2,9	5,4	5,5	14,8	22,9	14,6	22,4	27,0	12,0	16,3	30,6	6,3
<b>promedio</b>	0,6	0,7	0,7	0,9	1,7	1,4	2,1	2,7	2,4	2,4	1,0	0,6
<b>mediana</b>	0,5	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	1,4	2,1	2,0	2,0	0,5	0,5
<b>mínimo</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	1,1	1,1	1,1	0,4	0,4
<b>varianza</b>	0,1	0,2	0,3	1,6	6,3	2,2	7,8	3,4	1,5	1,8	2,6	0,3
<b>desv estándar</b>	0,2	0,5	0,5	1,2	2,5	1,5	2,8	1,9	1,2	1,3	1,6	0,5
<b>rango</b>	2,5	5,0	5,1	14,4	22,5	14,3	22,1	25,9	10,9	15,2	30,2	5,9
<b>numero de datos</b>	742	607	726	710	710	683	736	733	718	722	695	720
<b>rango inter</b>	0,2	0,3	0,2	0,3	0,9	1,1	1,5	1,2	0,9	1,0	0,7	0,1
<b>cv</b>	41,3	65,2	72,4	143,1	148,3	109,9	130,6	69,5	51,2	56,4	152,8	78,5
<b>coef. Skew</b>	3,4	4,6	3,5	7,7	5,0	3,7	3,8	5,2	3,1	3,7	11,4	6,4
<b>coef. Kurt</b>	19,7	31,8	16,6	68,8	30,3	19,1	17,4	47,4	13,9	22,7	182,5	50,4
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5
<b>25</b>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	1,7	1,7	1,6	0,5	0,5
<b>50</b>	0,5	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	1,4	2,1	2,0	2,0	0,5	0,5
<b>75</b>	0,6	0,8	0,7	0,8	1,6	1,6	2,2	2,9	2,6	2,6	1,2	0,6
<b>90</b>	0,9	1,2	1,2	1,2	3,3	2,7	4,2	4,4	3,6	3,9	2,0	0,8
<b>95</b>	1,0	1,5	1,7	2,0	5,1	4,0	7,4	5,3	4,7	4,9	2,5	1,3
<b>99</b>	1,5	2,6	3,0	6,2	14,1	8,7	15,2	9,9	7,4	7,6	5,9	2,8
<b>99,99</b>	2,9	5,4	5,4	14,8	22,8	14,4	22,4	26,1	12,0	16,0	29,6	6,2

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

NO <sub>2</sub>	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo</b>	21,9	17,6	25,7	20,2	26,6	20,7	34,3	26,4	22,8	24,6	25,7	21,7
<b>promedio</b>	3,1	2,9	3,3	5,0	6,9	6,0	8,1	7,0	5,2	4,8	3,9	3,4
<b>mediana</b>	2,4	1,9	2,5	3,9	6,0	4,9	6,6	5,5	3,8	3,6	3,1	2,4
<b>mínimo</b>	0,4	0,4	0,4	0,6	1,0	0,6	1,1	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5
<b>varianza</b>	8,3	7,2	7,4	14,4	16,4	15,1	29,2	25,6	16,4	14,2	8,8	8,4
<b>desv estándar</b>	2,9	2,7	2,7	3,8	4,0	3,9	5,4	5,1	4,1	3,8	3,0	2,9
<b>rango</b>	21,5	17,2	25,3	19,6	25,6	20,1	33,2	25,5	22,1	24,1	25,1	21,2
<b>numero de datos</b>	741	607	726	708	710	683	736	733	718	722	695	720
<b>rango inter</b>	2,7	2,8	3,3	4,1	5,8	5,1	7,1	6,9	4,4	4,0	3,1	3,2
<b>cv</b>	91,3	93,0	82,6	76,3	58,6	65,1	67,1	71,8	78,4	79,3	76,5	85,0
<b>coef. Skew</b>	2,7	2,2	1,9	1,6	0,9	1,1	1,3	1,2	1,7	1,7	2,2	2,1
<b>coef. Kurt</b>	10,5	6,5	7,2	2,4	0,8	0,8	1,7	1,0	2,9	3,5	8,0	6,3
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	0,8	0,7	0,8	1,4	2,4	1,9	2,6	1,9	1,6	1,3	1,2	1,0
<b>25</b>	1,3	1,1	1,3	2,3	3,7	3,0	3,9	3,0	2,4	2,1	1,8	1,4
<b>50</b>	2,4	1,9	2,5	3,9	6,0	4,9	6,6	5,5	3,8	3,6	3,1	2,4
<b>75</b>	4,0	3,9	4,6	6,4	9,5	8,1	11,0	9,9	6,8	6,1	4,9	4,6
<b>90</b>	6,2	6,1	7,0	10,2	12,3	11,7	15,9	14,4	10,6	10,3	7,6	7,1
<b>95</b>	8,4	7,8	8,9	13,8	14,6	13,5	18,4	17,2	14,1	12,1	9,2	8,9
<b>99</b>	15,3	14,4	11,3	17,4	18,7	18,0	25,3	22,3	20,0	18,7	14,7	14,2
<b>99,99</b>	21,8	17,5	25,0	20,2	26,2	20,7	33,9	26,3	22,7	24,3	25,3	21,5



**Tabla XIII Material Particulado PM-10 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Equipo TEOM 1405 FMDS**

**Datos promedio de 24 horas**

PM10	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo (24 hs)	62,2	58,9	51,4	84,0	67,0	51,3	95,8	88,5	90,5	42,6	83,8	148,8
promedio	24,6	28,0	21,0	37,2	29,1	18,7	36,4	43,1	35,7	21,6	33,5	40,1
mediana	23,8	24,4	19,1	33,5	26,6	17,9	31,6	40,5	29,4	21,1	28,2	35,1
mínimo	10,4	9,2	7,2	17,9	11,7	3,4	13,3	13,2	16,6	4,6	13,7	18,5
varianza	88,6	151,7	113,9	267,4	156,5	121,7	449,9	416,7	316,5	103,6	249,9	711,0
desv estándar	9,4	12,3	10,7	16,4	12,5	11,0	21,2	20,4	17,8	10,2	15,8	26,7
rango	51,8	49,7	44,2	66,1	55,2	47,9	82,5	75,4	73,9	38,0	70,1	130,3
numero de datos	31	24	27	29	28	27	30	27	30	30	28	29
rango inter	9,2	11,1	9,4	16,4	16,6	13,4	28,4	26,9	21,8	14,1	14,9	14,8
cv	38,3	44,0	50,9	44,0	43,0	58,9	58,2	47,3	49,9	47,2	47,2	66,5
coef. Skew	2,1	0,9	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	0,6	1,5	0,2	1,4	3,0
coef. Kurt	7,8	0,4	1,6	1,5	1,8	1,6	0,8	-0,4	2,2	-0,5	2,3	10,1
percentiles												
10	15,5	15,0	10,6	19,4	16,8	6,2	15,0	21,9	18,5	8,1	18,0	19,6
25	19,4	21,0	15,0	27,0	18,6	11,6	20,6	26,7	23,3	14,5	24,3	27,6
50	23,8	24,4	19,1	33,5	26,6	17,9	31,6	40,5	29,4	21,1	28,2	35,1
75	28,6	32,2	24,4	43,3	35,1	25,0	49,0	53,6	45,1	28,7	39,1	42,5
90	33,7	45,6	36,4	57,8	43,3	28,9	69,8	73,6	56,7	32,0	52,6	56,3
95	34,7	47,6	42,0	70,3	49,3	37,5	75,7	78,7	68,8	39,2	57,9	85,3
99	54,0	56,4	49,4	81,3	62,5	48,6	90,2	86,0	86,5	41,9	77,4	136,1
99,99	62,1	58,9	51,4	84,0	66,9	51,3	95,7	88,5	90,5	42,6	83,7	148,7

**Tabla XIV Material Particulado PM-2,5 ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ) Equipo TEOM 1405 FMDS**

**Datos promedio de 24 horas**

PM2,5	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>máximo (24 hs)</b>	10,7	19,8	17,1	31,0	23,7	14,6	60,0	23,4	14,1	12,7	12,6	17,3
<b>promedio</b>	6,7	10,4	7,6	12,6	13,2	8,7	19,6	13,1	10,7	7,3	9,1	9,5
<b>mediana</b>	6,7	10,4	7,6	11,3	12,6	8,5	14,6	12,7	10,6	7,4	9,1	8,1
<b>mínimo</b>	1,4	3,9	2,5	5,8	6,3	3,3	6,3	1,9	6,1	2,0	5,5	4,2
<b>varianza</b>	5,6	17,8	12,8	34,4	17,6	11,0	172,1	29,1	5,3	7,1	4,2	17,3
<b>desv estándar</b>	2,4	4,2	3,6	5,9	4,2	3,3	13,1	5,4	2,3	2,7	2,1	4,2
<b>rango</b>	9,3	15,9	14,6	25,2	17,4	11,3	53,7	21,5	8,0	10,6	7,1	13,1
<b>numero de datos</b>	31	24	27	29	28	27	30	27	30	30	28	29
<b>rango inter</b>	3,0	3,5	4,0	7,4	5,3	5,3	11,3	6,7	3,4	2,9	3,3	8,2
<b>cv</b>	35,1	40,7	47,3	46,5	31,8	38,0	67,1	41,2	21,5	36,9	22,5	43,8
<b>coef. Skew</b>	-0,4	0,4	1,2	1,3	0,7	0,2	1,6	0,1	-0,3	0,0	-0,1	0,5
<b>coef. Kurt</b>	-0,4	-0,1	1,7	1,9	0,3	-1,1	2,1	-0,3	-1,0	-0,3	-1,0	-1,3
<b>percentiles</b>												
<b>10</b>	3,4	4,8	3,9	6,8	8,2	4,5	7,9	6,7	7,6	3,4	6,4	5,1
<b>25</b>	5,2	8,1	4,8	8,7	9,9	5,9	12,4	9,7	9,3	5,7	7,5	6,1
<b>50</b>	6,7	10,4	7,6	11,3	12,6	8,5	14,6	12,7	10,6	7,4	9,1	8,1
<b>75</b>	8,2	11,7	8,8	16,1	15,2	11,2	23,6	16,5	12,6	8,7	10,8	14,3
<b>90</b>	9,6	16,8	11,2	20,7	18,6	12,8	42,1	19,5	13,6	10,4	11,8	15,4
<b>95</b>	10,2	17,8	15,2	21,9	20,5	14,0	44,8	22,7	13,9	11,7	12,2	16,2
<b>99</b>	10,6	19,4	17,0	28,6	23,0	14,6	55,7	23,4	14,1	12,4	12,5	17,1
<b>99,99</b>	10,7	19,8	17,1	31,0	23,7	14,6	60,0	23,4	14,1	12,6	12,6	17,3