



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 2015.



Resumen del Plan de Trabajo

Este informe presenta el monitoreo continuo de contaminantes básicos atmosféricos (Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Material Particulado (PM₁₀), Ozono y Óxidos de Nitrógeno) por medio de las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de Bahía Blanca (EMCABB I y II) en el período comprendido entre enero a diciembre de 2015.

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

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

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

Tareas	
1.	Monitoreo de Contaminantes Básicos Atmosféricos-EMCABB3
2.	Muestreo y Análisis de Material Particulado PM _{2,5} en Ing. White11
3.	Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.....13
4.	Caracterización del Material Particulado PM ₁₀13
5.	Deposición Atmosférica de Metales Pesados.....16
6.	Conclusiones Generales del Subprograma23
	ANEXO24

1. Monitoreo de Contaminantes Básicos Atmosféricos-EMCABB

1.1. Objetivos

Determinar la congruencia de los resultados del monitoreo con normas y niveles 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.

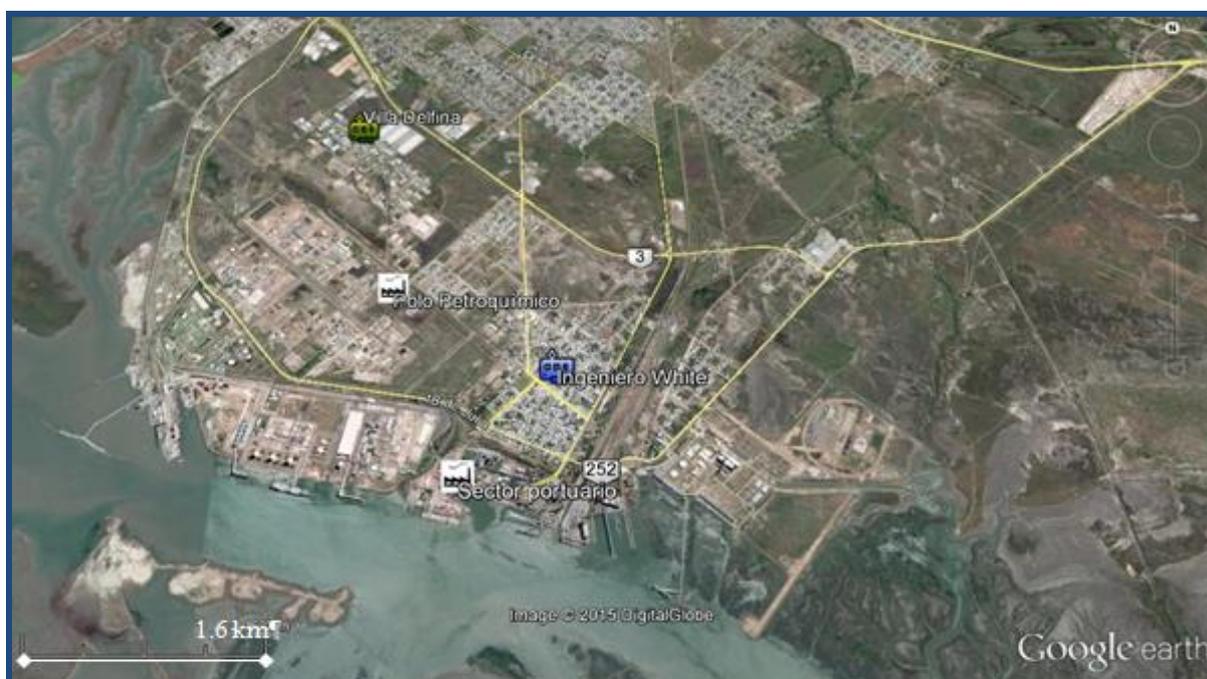
1.2. Metodología

1.2.1. Período de Monitoreo

Enero a Diciembre de 2015.

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 ($38 46' 52 77''$ S - $62 16' 02''$ 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 responde a lo descrito por el 40 CFR Part 58 Appendix D

1.2.3. Procedimiento de Muestreo

Automático y continuo, según método de referencia.

1.2.4. Equipamiento Utilizado

EMCABB I

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

EMCABB II

- Analizador de Material particulado PM₁₀, T.S. modelo TEOM 1405
- Analizador de Dióxido de Azufre - T.S, modelo 43i.
- Módulo para calibración compuesto por:
 - Calibrador dinámico T.S., modelo 146 i.
 - Generador de Aire Cero, T.S. modelo 1160.
 - Gases patrones primarios certificados.

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

² T.S. Thermo Scientific.

³ T.E.C: Thermo Electron Corporation

1.2.5. Métodos de Referencia

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

1.2.6. Validación de datos:

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

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

1.2.7. Procesamiento de Datos

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

1.2.8. Datos meteorológicos

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

1.3 Marco normativo y de referencia

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

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

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

1.4 Resultados Obtenidos

Se presentan los resultados obtenidos de calidad de aire, durante el período indicado, para contaminantes básicos. En las Tablas I a VIII del Anexo – Atmósfera, página 25, se presenta una tabla con parámetros estadísticos para cada uno.

1.4.1 Monóxido de Carbono (CO) (EMCABB I)

Sobre un total de 8460 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 1.90 ppm en el mes de Julio.

1.4.2 Dióxido de Azufre (SO₂) (EMCABB I)

Sobre un total de 8420 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 39,0 ppb en el mes de Agosto. El promedio anual fue de 1,5 ppb.

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

Sobre un total de 8145 datos de promedios horarios los resultados indican que la norma para exposición de 1 hora de NO_x se superó en 16 oportunidades, en los meses de Abril, Mayo, Julio y Agosto. El máximo valor promedio horario obtenido es de 499,8 ppb en el mes de Julio.

FECHA	HORA	NO	NO ₂	NO _x	VIENTO	TEMPERATURA	ESTABILIDAD
2015-04-14	08	172,2	34,5	206,2	Calma	12°C	F
2015-05-10	20	193,3	35,5	227,0	Calma	13°C	E
2015-05-10	21	186,6	32,9	219,9	Calma	13°C	F
2015-05-26	08	208,7	56,0	254,2	N 6 km/h	5°C	D
2015-05-26	22	169,9	33,9	204,3	Calma	9°C	F
2015-07-11	07	190,2	76,5	209,9	N 6 km/h	0°C	E
2015-07-16	07	204,0	38,0	239,7	Calma	1°C	E
2015-07-16	08	480,1	103,5	496,3	Calma	1°C	E
2015-07-16	09	484,0	80,1	499,8	Calma	1°C	E
2015-07-16	10	323,4	54,3	366,2	Calma	3°C	E
2015-07-16	19	168,0	52,6	216,4	Calma	8°C	E
2015-07-16	20	200,4	42,2	243,0	Calma	8°C	E
2015-08-03	20	162,4	42,1	204,9	Calma	12°C	D
2015-08-03	21	185,0	41,3	226,6	Calma	10°C	D
2015-08-04	08	253,5	44,8	296,9	Calma	9°C	F
2015-08-12	08	187,6	39,1	226,1	Calma	2°C	G

La estabilidad atmosférica es obtenida del pronóstico meteorológico aportado por el CERZOS. La clasificación corresponde a las siguientes condiciones atmosféricas A: extremadamente inestables, B: Moderadamente inestables, C: Levemente inestables, D: Neutrales, E: Levemente estables, F: Moderadamente estables y G: Extremadamente estables.

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

El promedio anual de NO_x fue de 12,9 ppb y estuvo por debajo de la norma de calidad de aire.

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

El promedio anual de NO₂ fue de 6,2 ppb y estuvo por debajo del valor guía sugerido por la OMS

1.4.4 Material Particulado Suspendido (PM₁₀) (EMCABB I)

Sobre un total anual de 339 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 y dirección predominante del viento durante las horas con valores por encima de 150 µg/m³.

Fecha	PM10 ug/m ³	Condiciones ambientales
2015-01-14	171,7	SE-SSE 26 km/h (entre 9 y 18 hs)
2015-04-24	545,3	Presencia de material particulado en suspensión por cenizas del volcán Calvuco
2015-04-25	376,2	
2015-05-04	169,1	N-NNO 15 km/h (entre 5 y 11 hs)
2015-06-19	238,2	NNO 37 Km/h (*)
2015-07-08	151,3	NNO 30 km/h (entre 11 a 18 hs)
2015-12-01	152,2	SE-SSE 22 KM/h (entre 11 y 19 hs)

(*) Corresponde a pronóstico meteorológico de Meteo Bahia ya que no se cuenta con datos meteorológicos propios para ese día.

La dirección de viento indicada corresponde a las horas de mayores registros de PM10.

El máximo valor promedio diario obtenido fue de 545,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de Abril. Durante los días 24 y 25 de abril, que corresponden a los mayores registros del año, coinciden con la llegada de cenizas del volcán Calvuco, que erupcionó entre los días 22 y 23 de abril.

Las direcciones predominantes de viento, al igual que años anteriores, fueron de sectores N-NNO. El promedio anual fue de 46,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, no superando la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

1.4.5 Contaminante Ozono (O_3) (EMCABB I)

Sobre un total de 8550 datos el valor máximo obtenido para 1 hora fue de 58 ppb en el mes de Febrero, no superando la norma de calidad de aire.

1.4.6 Dióxido de Azufre (SO_2) (EMCABB II)

Sobre un total de 6474 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 13,3 ppb en el mes de Julio. El promedio anual no se calculó por ser insuficiente el número de datos.

1.4.7 Material Particulado Suspendido (PM_{10}) (EMCABB II)

Sobre un total anual de 321 promedios diarios los resultados indican que en 2 oportunidades se superó la norma para 24 horas de exposición. A continuación se detalla el promedio de 24 horas y dirección predominante del viento durante las horas con valores por encima de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fecha	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Condiciones ambientales
2015-04-24	482,4	Presencia de material particulado en suspensión por cenizas del volcán Calvuco
2015-04-25	314,5	

El máximo valor promedio diario obtenido fue de 482,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de Abril, en coincidencia con la llegada de cenizas provenientes del volcán Calvuco.

El promedio anual fue de 36,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por debajo de la norma de calidad de aire para 1 año de exposición.

1.5 Discusión de Resultados

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

El Material Particulado en Suspensión (PM₁₀) ha excedido durante el año 2015 en 7 oportunidades la norma de calidad de aire para un período de 24 horas en el parque industrial (EMCABB I), mientras que superó en 2 oportunidades en Ingeniero White (EMCABB II). Respecto a la EMCABB I en 4 de los casos la norma fue superada con vientos del sector N-NNO y 1 vez con viento SE-SSE con altas velocidades de viento. Los días 24 y 25 de abril la norma fue superada en ambas estaciones en coincidencia con la llegada de cenizas volcánicas del volcán Calvuco.

Comparando con años anteriores se puede indicar que el promedio obtenido en el año 2015 (EMCABB I), al igual que el año 2014 son los menores de los últimos 10 años. Rango 49,6 µg/m³ (año 2005) a 71,9 µg/m³ (año 2008).

Los promedios horarios de Óxidos de Nitrógeno, durante el año 2015, han superado la norma de calidad de aire en 8 oportunidades, lo que representa un porcentaje del 0,19%, levemente por encima del porcentaje del año anterior.

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

2.1 Objetivo

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

2.1.1 Metodología

2.1.1.1 Punto de Monitoreo

Casco urbano de Ingeniero White, San Martín 3474.

2.1.2 Equipamiento Utilizado

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

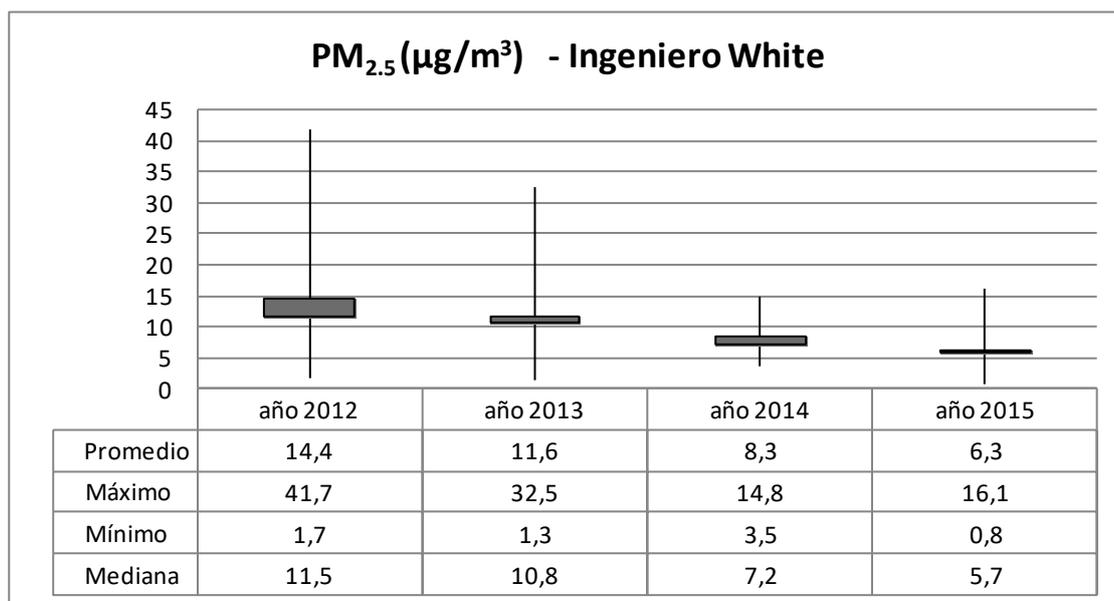
De acuerdo a las recomendaciones del manual de calidad de la EPA: Quality Assurance Guidance Document 2.12 Monitoring $PM_{2,5}$ in Ambient using Designated Reference or Class I Equivalent Methods.

2.2 Marco Regulatorio

El material particulado en suspensión $PM_{2,5}$ no está regulado en la provincia de Buenos Aires. Como referencia podemos mencionar la norma de calidad de aire de la EPA, que es de 35 $\mu g/m^3$ para 24 horas y la Ley 1356 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que es de 65 $\mu g/m^3$ para 24 horas. Las guías OMS (2005) sugieren un valor promedio de 25 $\mu g/m^3$ de 24 horas y de 10 $\mu g/m^3$ para un año de exposición.

2.3 Resultados Obtenidos

Los datos registrados desde el año 2012 indican que, en general, los valores se encuentran debajo de los niveles de referencia indicados. En la siguiente figura se muestran los resultados de los 4 años de monitoreo. Como puede observarse el año 2015 fue el que presentó menor promedio de datos.



2.4 Conclusiones

Los resultados de PM_{2.5}, indican que se continua con la tendencia de años anteriores en cuanto a valores por debajo de las normas de calidad de aire.

3 Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos

3.1 Realización de la primera auditoría interna.

Sobre fines de 2014 se completó la primera Auditoría Interna del sistema de gestión de calidad (SGC), realizada por un equipo de auditores seleccionado de acuerdo a los requisitos establecidos en el procedimiento correspondiente del SGC (CA-005 - Auditoría Interna de las EMCABB), de los resultados de la misma surgieron 3 No Conformidades:

- NC1: No cumplimiento de frecuencia de chequeos diarios de transmisión de datos.
- NC2: No cumplimiento de la frecuencia de mantenimiento de los equipos según el procedimiento.
- NC3: No se respetó las indicaciones del procedimiento de mantenimiento preventivo del analizador de CO.

Las no conformidades se registraron y trataron de acuerdo a lo establecido en el “Procedimiento de identificación y gestión de no conformidades” y las tareas correctivas planteadas fueron completadas durante el año 2015.

3.2 Mantenimiento del sistema de gestión de la calidad.

Se continuó trabajando en el proyecto de Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos. Sobre principios del año 2015 se completó la elaboración de los siguientes documentos y sus respectivos anexos:

- procedimiento para aceptación de equipos (CA-020);
- procedimientos de revisión por la dirección (GE-002);
- procedimiento de identificación y gestión de no conformidades (GE-003);

El primero forma parte del Manual de Calidad de Monitoreo de Aire (CA) y los otros dos del Manual de Procedimientos Generales (GE) dentro del SGC.

Durante el año también se realizó una primera revisión de algunos procedimientos creados en etapas anteriores del proyecto y en junio de 2015 se presentó la primera revisión final (Revisión 1) del Manual de Calidad y sus anexos.

Finalmente, el Manual de Calidad de Monitoreo de Aire (carpeta con todos los procedimientos de Calidad de Monitoreo de Aire del SGC) quedó conformada por 20 procedimientos (incluyendo como procedimiento N° 1 el Manual de Calidad). En la tabla IX del Anexo – Atmósfera (página 33) se listan todos los procedimientos y sus anexos.

A partir de ahora, se continuará trabajando con estos procedimientos y evaluando la necesidad de realizar correcciones y/o la incorporación de nuevos documentos al sistema de gestión de calidad.

4 Caracterización del Material Particulado PM₁₀

En el marco del proyecto: “Estudio de la Emisión y Recepción de Aerosoles Troposféricos en la Zona Industrial y Portuaria de Ing. White y Bahía Blanca”, durante el año 2015 se completaron los análisis de muestras de iones y metales en las muestras de filtros de PM₁₀, tomados en el período 2013-2014. Los análisis fueron realizados por el área de Servicios de la CNEA.

Paralelamente se realizaron actividades complementarias, desarrolladas en el marco del protocolo específico MBB-INQUISUR, consistentes en:

4.1 Evaluación, selección y recopilación de datos de mediciones de concentración en aire ambiente de material particulado atmosférico PM₁₀, obtenidos en diferentes cuencas atmosféricas del mundo

Tuvo como objetivo elaborar una base de datos de PM₁₀ válida y de referencia que contribuya a la ejecución de los diferentes estudios de calidad de aire que desarrolla el CTE.

El período de búsqueda correspondió al comprendido entre el año 1982 y 2014. Dentro de este período se encontraron 1102 publicaciones científicas vinculadas a la medición y estudio de la composición química de material particulado atmosférico PM₁₀. Los resultados de esta primera búsqueda fueron refinados y se seleccionaron los 15 trabajos más relevantes para los trabajos que mantiene el CTE y que además corresponden a artículos publicados en las revistas científicas de mayor prestigio.

La evaluación de estas publicaciones permitió obtener información de la composición química y morfologías de diferentes muestras de material particulado atmosférico (PM₁₀ y/o PM_{2,5}) correspondientes a diferentes cuencas atmosféricas: Urbano costera , Urbano con polo industrial,

Urbano comercial, Suburbano comercial y agrícola, Urbano industrial aledaña a central de generación energía eléctrica a gas natural, Urbano con alta densidad de tránsito automotor, Urbano costera aledaña a refinería de petróleo

4.2 Evaluación, selección y recopilación de perfiles de fuentes de emisión de material particulado PM₁₀,

Tuvo como objetivo ampliar la base de datos del inventario de emisiones de PM₁₀ que contribuya a la ejecución del proyecto de investigación denominado: "Estudio de la Emisión y Recepción de Aerosoles Troposféricos en la Zona Industrial y Portuaria de Ing. White y Bahía Blanca", actualmente en ejecución por el CTE.

El período de búsqueda también correspondió al comprendido entre el año 1984 y 2014. Dentro de este período se encontraron 76 publicaciones científicas vinculadas a la medición y estudio de la composición química de fuentes de emisión de material particulado atmosférico PM₁₀. Los resultados de esta primera búsqueda fueron refinados para lograr seleccionar los 22 trabajos más relevantes para los trabajos que mantiene el CTE y que además corresponden a artículos publicados en las revistas científicas de mayor prestigio.

La evaluación de estas publicaciones permitió recuperar información de los siguientes perfiles de fuentes de emisión de material particulado atmosférico (PM₁₀ y/o PM_{2,5}): Automotores livianos (con y sin catalizador), Automotores pesados, Residenciales (combustión de madera), Residenciales (combustión de carbón), Incendio forestal, Generación de energía eléctrica, Fuentes geotermales, Molienda de rocas (asfalteras), Cementeras, Suelos, Polvo de calles pavimentadas, Polvo de calles no pavimentadas, Aerosol marino, Cultivos agrícolas varios .

4.3 Evaluación científica y estadística de escenarios de emisión de material particulado PM₁₀

Se realizó aplicando la metodología de análisis por componentes principales con el objetivo de seleccionar los escenarios de emisión más apropiados para realizar el análisis de receptores de PM₁₀. Para desarrollar esta actividad se utilizó el paquete de software SCOUT 2008 versión 1.00.01. para el análisis de componentes principales (ACP).

a) Evaluación de las condiciones meteorológicas: Se seleccionaron como variables de entrada al software: temperatura, humedad, velocidad promedio de viento, ráfaga máxima de viento y concentración de PM₁₀. Se utilizaron para todas estas variables los promedios de 24 horas de las mediciones mantenidas en las estaciones meteorológicas pertenecientes al CTE.

El total de observaciones (muestras) que se evaluaron fueron: 274 (año 2004), 293 (año 2005) y 283 (año 2006). Como resultados se obtuvieron para los años analizados (2005, 2006 y 2007) que la primera componente principal (PC1) relaciona el PM_{10} en forma directa con velocidad de viento y ráfagas y en forma inversa con humedad. La segunda componente principal (PC2) relaciona únicamente variables meteorológicas y la tercera componente principal (PC3) relaciona en forma inversa temperatura y concentración de PM_{10} . Las 3 componentes indicadas explican más del 90% de la variabilidad del sistema de variables seleccionado.

b) Evaluación de la composición química elemental (análisis microscopía electrónica de barrido): Se evaluaron los valores obtenidos de Carbono, Oxígeno, Sodio, Magnesio, Aluminio, Silicio, Azufre, Cloro, Potasio, Calcio y masa total de PM_{10} .

El total de observaciones (muestras) que se evaluaron fueron 27. Como resultado se obtuvo una primera Componente principal (PC1) que relaciona en forma directa C, Na y Mg e inversa: Si, Cl, K y Ca. La segunda componente principal (PC2) relaciona Al, S y concentración de PM_{10} e inversamente Na. La tercera componente principal (PC3) relaciona Al, Cl, K e inversamente O y S. Las 3 componentes indicadas explican más del 80% de la variabilidad del sistema de variables seleccionado.

5 Deposición Atmosférica de metales pesados

5.1 Objetivos

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, amoníaco, sulfatos, entre otros.

Como se mencionó en el Programa de Monitoreo de Cuerpos Receptores – Subprograma Estuario de Bahía Blanca -, el programa de vigilancia sobre el estuario se realiza en conjunto con el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), encargado de realizar los monitoreos y determinaciones analíticas. Los resultados de estos monitoreos, han demostrado la presencia de metales pesados en agua y sedimentos del estuario durante todos los años de ejecución.

Muchos de los metales son constituyentes de catalizadores, se presentan en aleaciones, o en soluciones para tratamiento de efluentes. La concentración de estos metales en las descargas líquidas de las empresas controladas, es baja, inclusive muchas veces los resultados arrojan valores menores al límite de detección. A pesar de ello, las concentraciones de metales en el estuario se han mantenido relativamente estables a lo largo del tiempo, tanto en agua como en sedimentos.

La presencia de metales detectados en el agua del estuario, no han podido corresponderse directamente con los niveles de metales en las descargas industriales, cloacales y pluviales, razón por la cual se atribuiría este incremento a un posible origen atmosférico. Esta hipótesis se refuerza al considerar aquellos metales en donde sus concentraciones han resultado elevadas en todos los sitios de monitoreos, sugiriendo un ingreso multipuntual difuso o atmosférico de metales al estuario.

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

5.2 Metodología – Deposición Atmosférica Total

5.2.1 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 90 días.

Durante un año – diciembre/2014 a diciembre/2015 –, se realizó el muestreo de manera coincidente con las estaciones climáticas del año (muestreo trimestral), para determinar metales en el material particulado.

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.

5.2.2 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.). El ácido utilizado fue previamente ultrapurificado (sub- boiled) mediante un destilador Berghof Distillacid BSB-939-IR, GmbH, Alemania.

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).

5.2.3 Área de estudio

Los muestreos se realizaron en 8 sitios distribuidos entre la ciudad y la región. En el siguiente gráfico, se puede observar la ubicación de los diferentes sitios de muestreo.

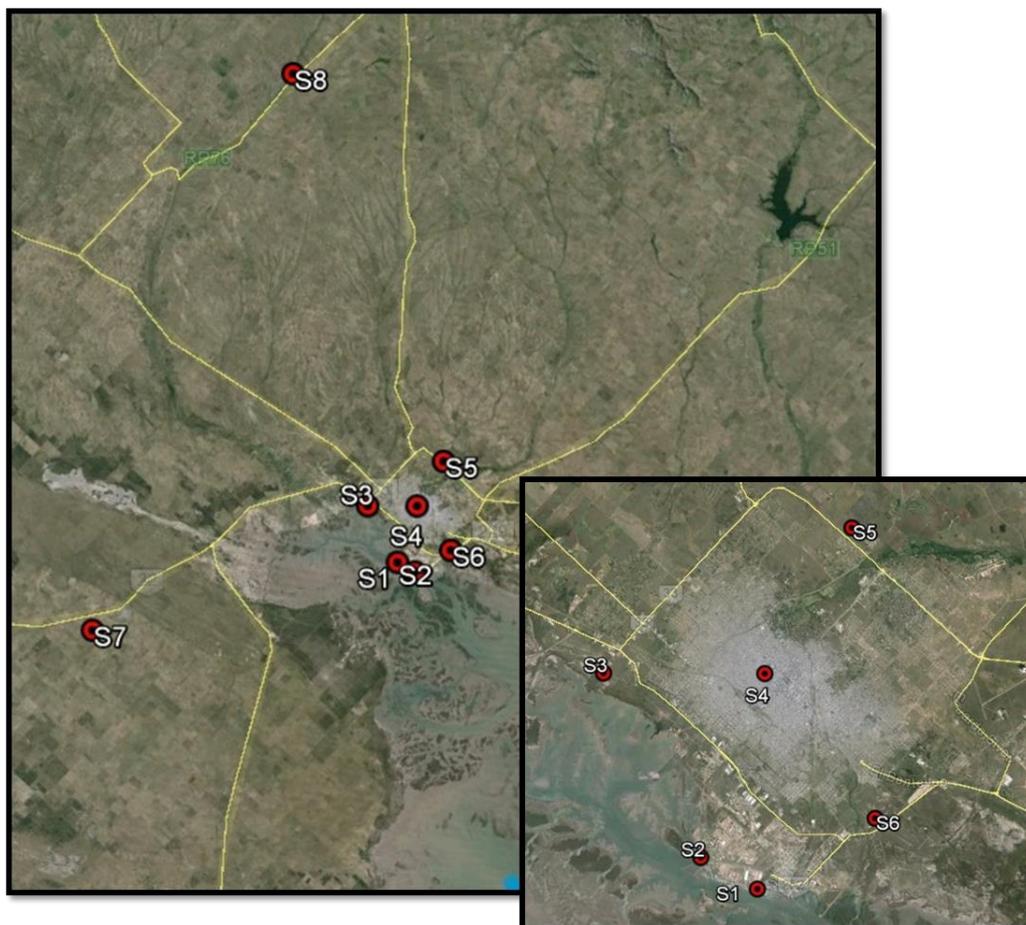


Gráfico I: Ubicación de los sitios de muestreo (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8).

Los sitios **S1** ($38^{\circ} 47' 17.75 \text{ S} - 62^{\circ} 16' 47.40 \text{ O}$) y **S2** ($38^{\circ} 46' 37.38 \text{ S} - 62^{\circ} 18' 14.39 \text{ O}$), se ubicaron sobre la costa norte del estuario, y linderos al sector del Polo Petroquímico y Área Portuaria, para evaluar posibles aportes de tipo industrial que pudieran desplazarse vía atmosférica. El sitio **S3** ($38^{\circ} 42' 48.05 \text{ S} - 62^{\circ} 20' 38.25 \text{ O}$), también sobre la zona norte del estuario pero en un área más interna del mismo, y hacia el oeste de la ciudad, menos industrializada. El sitio **S4** ($38^{\circ} 42' 53.72 \text{ S} - 62^{\circ} 16' 27.25 \text{ O}$), se estableció en el centro de la ciudad para evaluar los aportes antropogénicos, especialmente los ligados al transporte automotor. El sitio **S5** ($38^{\circ} 39' 57.81 \text{ S} - 62^{\circ} 14' 6.04 \text{ O}$), fue ubicado sobre la zona norte de la ciudad, en el cual los posibles aportes podrían generarse de las actividades provenientes de los campos de la

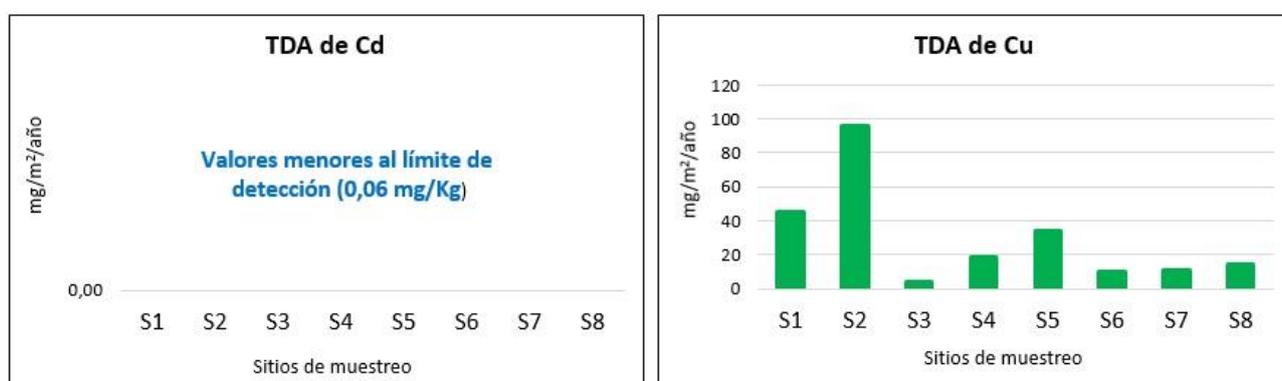
región, un área no industrializada y de baja densidad poblacional. El sitio **S6** (38° 45´54.59 S – 62° 13´41.12 O) cubriendo la zona sureste de la ciudad en un área no urbanizada ni industrializada.

Inicialmente se consideró que el sitio S5 podía representar bien los niveles de fondo como un punto "blanco" tipo *background*, pero los resultados de años anteriores (2013-2014) no reflejaron esa condición. Por esa razón se determinó ubicar dos nuevos sitios de muestreos, uno el **S7** (38° 50´36.10 S – 62° 44´23.41 O) a 43 Km hacia el sector suroeste y el otro el **S8** (38° 13´49.68 S – 62° 25´58.92 O) se ubicó a 57 Km hacia el norte de la ciudad, ambos puntos representan áreas no urbanas, no industrializadas, con escaso tránsito y con suelos destinados a la actividad agrícola ganadera.

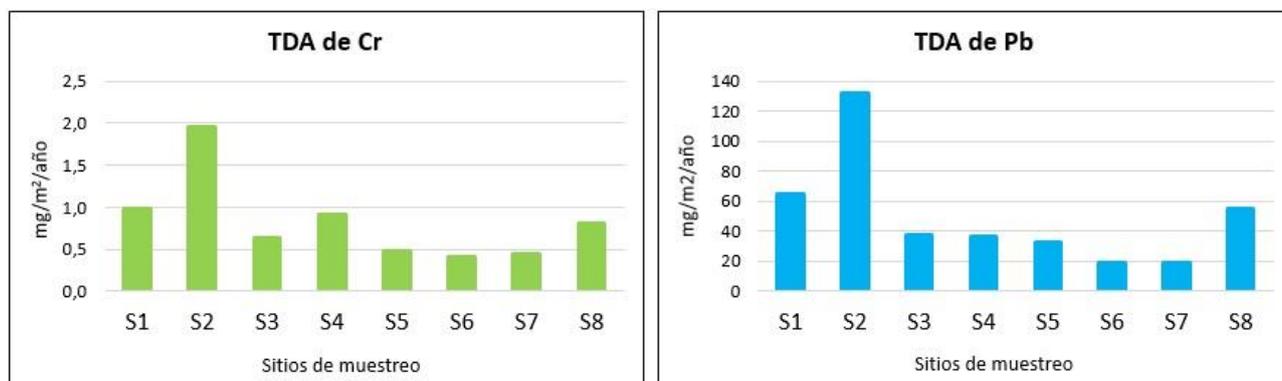
5.3 Resultados

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

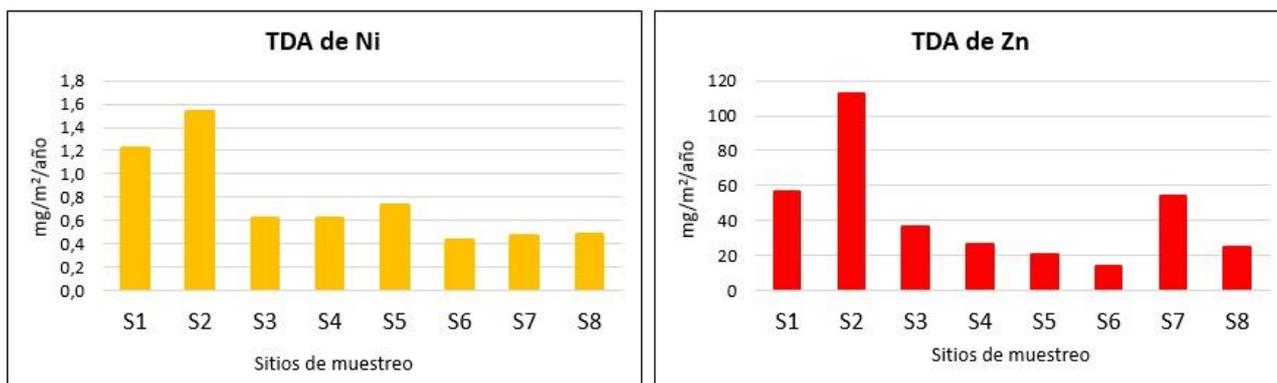
Los gráficos a continuación, muestran los valores promedios de Tasa de Deposición Atmosférica (TDA) determinados durante el periodo de estudio para los sitios seleccionados.



Gráficos II y III: TDA de cadmio y cobre



Gráficos IV y V: TDA de cromo y plomo



Gráficos VI y VII: TDA níquel y zinc

Los gráficos muestran una clara tendencia general sobre el sitio S2 (proximidades de Puerto Galván - Nueva Posta Inflamable), resultando la mayor TDA para todos los metales en estudio, este mismo comportamiento fue observado en el monitoreo anterior.

Si bien el transporte de contaminantes atmosféricos contribuye con el aporte de metales sobre el área de estudio, una hipótesis era que las emisiones de la ciudad de Bahía Blanca, originadas del transporte automotor, domiciliarias e industrias menores, junto con las generadas desde el Polo Petroquímico y Área Portuaria, incrementarían los valores de metales en los sitios más cercanos a las fuentes mencionadas, pero como puede observarse en los gráficos, los sitios 7 y 8 alejados de la ciudad y del área industrializada, han mostrado tasas de deposición ligeramente más elevadas, tanto para el zinc en el sitio 7, y de cromo y plomo en el sitio 8.

Del análisis de los muestreos trimestrales asociados a las estaciones climáticas del año, no se observan variaciones en las tasas de deposición, algunas excepciones puntuales resultaron, el cromo que incrementó ligeramente su tasa durante el muestreo de otoño, en el mismo periodo el cobre en los sitios S1 y S2, y el zinc en la estación de invierno.

La tabla a continuación muestra los valores de TDA expresadas en mg/m²/año para cada elemento. Estos valores representan el promedio general de cada metal para los 8 sitios de muestreo, y estarían indicando la tasa de deposición para el área en estudio.

	Tasa de Deposición Atmosférica (mg/m ² /año)					
	Cd	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn
Promedio General	nd	0,83	0,76	29,20	49,44	43,30

Tabla de Tasa de Deposición Atmosférica

5.4 Conclusiones

Deposición Atmosférica Total (seca/húmeda)

En este segundo período de muestreo realizado entre diciembre/2014 a diciembre/2015, se observa que existe una deposición atmosférica, y un transporte atmosférico de contaminantes que impactan sobre la ciudad.

Los resultados mostraron que el sitio S2 aledaño al sector industrial y zona portuaria presentó en general la mayor TDA para todos los metales.

En esta oportunidad, los valores de cadmio resultaron menores al límite de detección (0,06 mg/kg), recordemos que los primeros registros establecieron una TDA de 0,093 mg/m² (PIM 2014).

Para el resto de los metales los valores resultaron inferiores a los reportados inicialmente (2013-2014).

En algunos de estos sitios, especialmente en el S7 y S8, que por su ubicación más alejada a las fuentes (industriales, de transporte, domiciliarias), se esperaban valores menores en las TDA para los metales en estudio, esta situación refleja que existen aportes de algunos metales que responden a un fenómeno de transporte atmosférico.

Los valores de níquel se mantuvieron estables en todos los sitios de muestreo.

Se continuará con este monitoreo, a efectos de generar más resultados que permitan evaluar este impacto sobre la ciudad y el estuario.

6 Conclusiones Generales del Subprograma

Los valores de PM₁₀ obtenidos en las dos estaciones de monitoreo continuaron durante el año 2015, al igual que en el año 2014 en menores concentraciones respecto a los registros históricos.

Respecto a la caracterización del material particulado se completaron los análisis de muestras y se comenzó a evaluar correlaciones entre variables por medio del Análisis de Componentes Principales (ACP).



Se continuó el programa de aseguramiento de calidad de los monitoreos con el objetivo de optimizar la competencia técnica y la confiabilidad de los resultados generados.

Los resultados de $PM_{2.5}$ en Ing. White, continúan debajo de los valores normados para Calidad de Aire de la USEPA y de Ciudad de Buenos Aires.

Nuevamente se observa que existe una deposición atmosférica, y un transporte atmosférico de contaminantes que impactan sobre la ciudad y el estuario. Los resultados mostraron que el sitio S2 aledaño al sector industrial y zona portuaria presentó en general la mayor TDA para todos los metales.

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



ANEXO

Programa: Monitoreo de Cuerpos Receptores

Subprograma: Atmósfera

RESULTADOS EMCABB I

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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	0,48	0,91	1,70	1,16	1,86	1,26	1,90	1,68	1,08	1,08	1,70	0,81
promedio	0,15	0,20	0,30	0,04	0,22	0,50	0,28	0,20	0,23	0,19	0,20	0,22
mediana	0,15	0,19	0,29	0,03	0,19	0,45	0,26	0,17	0,23	0,17	0,18	0,21
mínimo	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,07
varianza	0,01	0,01	0,01	0,04	0,044	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
desv estándar	0,09	0,09	0,12	0,20	0,21	0,27	0,19	0,16	0,15	0,10	0,10	0,08
rango	0,46	0,85	1,68	1,14	1,84	1,22	1,87	1,64	1,06	1,04	1,66	0,74
numero de datos	727	662	702	696	735	666	735	742	704	738	665	688
rango inter	0,15	0,07	0,09	0,04	0,22	0,49	0,17	0,12	0,21	0,11	0,11	0,10
cv	60,15	42,79	39,02	500,0	95,4	53,73	68,27	81,23	64,75	53,43	51,28	38,42
coef. Skew	0,36	3,63	3,31	6	3	0,23	3,64	4,71	1,06	2,79	5,41	1,99
coef. Kurt	-0,56	20,47	33,98	42,19	15,13	-1,08	21,38	30,09	3,03	15,40	68,35	8,45
percentiles												
10	0,03	0,13	0,22	0,02	0,04	0,14	0,11	0,09	0,04	0,09	0,11	0,13
25	0,06	0,16	0,26	0,02	0,08	0,28	0,16	0,11	0,09	0,12	0,14	0,16
50	0,15	0,19	0,29	0,03	0,19	0,45	0,26	0,17	0,23	0,17	0,18	0,21
75	0,21	0,23	0,35	0,06	0,30	0,77	0,33	0,23	0,30	0,23	0,25	0,26
90	0,27	0,27	0,40	0,12	0,41	0,86	0,43	0,30	0,39	0,30	0,30	0,31
95	0,30	0,31	0,46	0,19	0,55	0,89	0,53	0,38	0,45	0,34	0,34	0,36
99	0,36	0,62	0,66	0,57	1,05	1,02	1,16	1,09	0,69	0,56	0,49	0,49
99,99	0,48	0,90	1,66	1,14	1,85	1,25	1,89	1,66	1,07	1,07	1,64	0,81

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,04 ppm.

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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	2,0	1,2	3,6	8,3	10,4	26,2	20,8	39,0	20,0	8,6	10,6	9,8
promedio	0,4	0,5	0,5	0,9	1,1	4,2	3,3	2,3	2,1	1,1	1,0	0,9
mediana	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	2,1	1,8	0,8	1,1	0,8	0,7	0,5
mínimo	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
varianza	0,0	0,0	0,1	1,3	1,7	25,7	14,5	19,3	10,2	0,9	1,4	1,7
desv estándar	0,2	0,1	0,4	1,1	1,3	4,8	3,8	4,4	3,2	8,2	1,2	1,3
rango	1,7	0,9	3,3	7,9	10,1	31,9	20,3	38,7	19,7	9,4	1,0	9,4
numero de datos	723	659	699	692,0	735	716	669	738	654,0	739	707,0	689,0
rango inter	0,1	0,1	0,1	0,4	0,7	4,3	2,6	1,2	1,0	0,4	0,5	0,3
cv	44,8	23,0	74,3	125,4	115,9	115,2	115,3	194,2	151,6	89,3	114,5	144,6
coef. Skew	7,0	4,0	6,5	4,8	4,0	2,3	2,6	5,4	4,4	4,5	4,8	4,7
coef. Kurt	74,5	31,8	48,9	30,1	20,6	6,1	8,3	47,4	22,5	25,6	36,1	25,6
percentiles												
10	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4	0,7	0,6	0,4	0,4
25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,1	1,1	0,5	0,8	0,7	0,5	0,4
50	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	2,1	1,8	0,8	1,1	0,8	0,7	0,5
75	0,5	0,5	0,5	0,8	1,1	5,4	3,7	1,7	1,8	1,1	1,0	0,7
90	0,5	0,6	0,6	1,6	2,2	10,8	7,5	5,7	4,3	1,7	2,0	1,5
95	0,6	0,6	0,9	2,8	3,3	15,0	11,9	11,0	6,6	2,8	3,0	3,2
99	1,2	0,8	2,8	6,5	6,8	22,7	18,3	19,6	17,9	5,7	5,7	6,6
99,99	3,2	1,5	4,1	12,0	12,0	32,1	27,1	57,5	28,9	9,7	13,9	11,8

Referencias:

LD: Límite de detección de 0,1 ppb.

SD: sin datos

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



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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	33,5	104,5	86,7	172,2	208,7	138,6	484,0	253,5	148,4	127,7	83,1	78,2
promedio	2,2	3,5	4,6	7,5	12,4	9,5	15,4	6,9	7,6	7,3	4,5	3,5
mediana	0,7	1,0	1,3	1,7	2,7	2,4	3,9	1,4	2,3	3,1	1,6	0,7
mínimo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
varianza	13,6	64,6	87,8	303,1	673,9	368,0	1414,0	377,6	256,7	157,6	65,1	52,9
desv estándar	3,7	8,0	9,4	17,4	26,0	19,2	37,6	19,4	16,0	12,6	8,1	7,3
rango	3,0	104,3	3,8	172,0	11,8	138,4	26,8	59,3	148,2	9,4	82,9	11,5
numero de datos	551	662	524	691	729	716	734	738	700	737	706	655
rango inter	0,1	3,1	0,1	5,5	0,7	8,4	2,6	1,2	7,1	0,4	4,4	0,3
cv	44,8	229,9	74,3	231,1	115,9	201,2	115,3	194,2	211,5	89,3	180,0	144,6
coef. Skew	3,7	6,8	4,5	4,6	3,8	4,0	7,2	7,2	4,8	4,7	4,6	4,7
coef. Kurt	17,8	62,1	25,3	26,7	17,2	19,4	72,9	66,1	28,1	30,5	30,7	29,9
percentiles												
10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
25	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,4	0,6	0,8	0,4	0,3
50	0,7	1,0	1,4	1,7	2,7	2,4	3,9	1,4	2,3	3,1	1,6	0,7
75	2,5	3,4	4,3	5,9	10,9	8,9	13,5	5,4	7,7	8,8	4,8	3,5
90	5,2	7,7	11,5	17,3	32,7	24,6	38,9	15,4	17,2	18,1	11,8	8,5
95	10,0	12,9	21,1	37,7	70,0	44,3	67,4	24,9	30,6	26,1	17,8	15,5
99	19,3	37,1	56,3	90,2	128,9	112,3	159,1	91,6	87,0	70,8	39,2	39,6
99,99	32,9	102,7	87,8	169,6	207,6	138,3	483,7	248,6	147,2	126,7	83,0	76,5

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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	17,6	22,3	40,5	37,4	69,1	52,8	103,5	44,8	40,9	57,8	48,0	33,6
promedio	2,7	3,7	5,8	7,1	9,5	8,3	8,9	6,2	7,0	6,0	4,3	3,4
mediana	1,8	2,7	4,2	5,5	7,6	6,4	5,5	3,8	4,8	4,1	2,6	1,5
mínimo	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
varianza	7,6	14,0	34,4	37,4	77,6	70,5	121,9	51,3	55,2	42,5	27,3	21,8
desv estándar	2,8	3,7	5,9	6,1	8,8	8,4	11,0	7,2	7,4	6,5	5,2	4,7
rango	17,4	22,1	40,3	37,2	68,9	52,6	103,3	44,6	40,7	57,6	47,8	33,4
numero de datos	551	662	524	693	729	716	734	738	700	737	706	655
rango inter	3,2	4,1	6,5	7,5	10,4	11,3	11,6	8,7	8,7	7,5	5,4	4,2
cv	101,1	100,1	100,8	86,8	92,8	101,1	123,6	115,3	106,5	109,4	120,2	138,6
coef. Skew	1,6	1,8	2,2	1,5	1,8	1,5	2,8	1,9	1,7	2,3	2,7	2,8
coef. Kurt	3,0	3,6	7,0	2,9	5,8	3,2	13,8	4,7	3,2	10,4	12,8	10,0
percentiles												
10	0,2	0,4	0,5	0,8	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
25	0,7	1,0	1,6	2,5	3,2	1,3	1,1	0,8	1,3	0,9	0,7	0,4
50	1,8	2,7	4,2	5,5	7,6	6,4	5,5	3,8	4,8	4,1	2,6	1,5
75	3,9	5,1	8,1	10,0	13,6	12,6	12,7	9,5	10,0	8,4	6,1	4,6
90	6,8	8,7	12,9	14,9	20,9	20,0	22,5	14,9	17,4	14,5	10,6	9,0
95	8,5	11,2	17,3	19,5	25,8	24,0	28,9	20,6	21,6	18,2	14,0	12,9
99	12,2	17,4	26,3	28,9	39,4	36,9	45,7	32,9	33,9	27,1	22,1	23,2
99,99	17,4	22,2	40,5	37,2	68,4	52,5	101,8	44,6	40,9	57,6	47,6	33,5



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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	171,7	97,6	82,8	545,3	169,1	238,2	151,3	97,3	134,9	104,4	114,3	152,2
promedio	49,2	42,4	42,1	66,3	46,9	48,6	48,5	35,0	I	31,3	43,2	62,2
mediana	37,3	39,6	33,4	38,8	47,2	38,7	38,4	26,3	41,7	23,5	37,5	54,5
mínimo	17,4	19,3	12,3	9,6	7,0	8,8	8,1	8,5	11,5	5,3	19,7	16,8
varianza	1042,7	344,9	366,8	12910,2	1009,5	2067,8	890,2	545,0	943,3	390,4	478,6	875,7
desv estándar	32,3	18,6	19,2	113,6	31,8	45,5	29,8	23,3	30,7	19,8	21,9	29,6
rango	154,3	78,2	70,5	535,7	162,1	229,4	143,2	88,8	123,4	99,1	94,6	135,3
numero de datos	31	28,0	29	29	31	30	29	29	16	31	30	26
rango inter	20,5	21,6	32,5	27,6	33,5	29,5	30,0	22,0	30,6	18,6	19,0	34,9
cv	65,8	43,8	45,5	171,4	67,7	93,6	61,5	66,7	--	63,1	50,6	47,6
coef. Skew	2,4	1,2	0,4	3,6	1,9	2,9	1,7	1,2	1,5	2,0	1,8	1,4
coef. Kurt	6,7	1,8	-1,1	13,1	6,4	10,2	4,0	0,8	3,2	5,4	3,3	2,9
percentiles												
10	25,8	20,5	22,5	13,5	11,55	12,4	24,0	13,0	19,3	15,1	23,5	28,1
25	31,2	28,4	27,9	20,9	22,74	24,0	28,4	20,4	30,0	19,4	28,9	37,9
50	37,3	39,6	33,4	38,8	47,16	38,7	38,4	26,3	41,7	23,5	37,5	54,5
75	51,7	49,9	60,4	48,5	56,28	53,5	58,4	42,5	60,6	38,0	47,9	72,8
90	83,7	67,4	67,6	79,6	80,1	92,4	84,4	68,6	78,9	52,6	69,5	87,0
95	111,7	75,3	69,8	266,0	86,9	117,0	92,9	81,2	93,0	62,4	87,0	102,2
99	156,6	91,8	79,2	498,0	145,5	207,3	135,7	94,5	126,5	94,5	108,3	140,7
99,99	171,5	97,5	82,8	544,9	168,8	237,9	151,1	97,3	134,8	104,3	114,2	152,0

Referencias:

LD: Límite de detección de 2,5 µg/m³.

I: Insuficientes datos para promediar.

Tabla VI Ozono (ppb) – Datos promedio horarios

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	50	58	36	52	32	28	39	35	43	39	43	44
promedio	21	21	20	16	15	15	14	19	19	18	20	21
mediana	20	21	20	16	15	15	12	20	20	18	20	20
mínimo	5	4	3	1	1	2	3	1	2	2	4	3
varianza	53	57	56	53	49	44	71	59	67	56	96	58
desv estándar	7	8	7	7	7	7	8	8	8	7	10	8
rango	45	54	33	51	31	26	36	34	41	37	39	41
numero de datos	728	663	695	697	736	717	735	741	703	739	708	688
rango inter	9	10	11	11	11	11	12	12	13	11	15	11
cv	35	35	37	45	48	44	61	40	43	41	50	37
coef. Skew	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
coef. Kurt	0	1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	0
percentiles												
10	13	12	10	7	5	5	5	8	7	7	6	12
25	16	16	14	11	9	10	7	14	13	13	12	15
50	20	21	20	16	15	15	12	20	20	18	20	20
75	25	26	25	22	20	21	19	26	26	24	27	26
90	32	31	30	25	24	24	27	29	29	27	33	32
95	34	34	32	27	26	25	30	30	31	29	36	35
99	41	41	35	32	28	27	35	32	35	34	39	37
99,99	50	58	36	51	32	28	39	35	43	39	43	44

Referencias:

LD: Límite de detección de 1 ppb.

RESULTADOS EMCABB II

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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	---	1,2	0,6	6,3	10,7	14,2	13,3	5,7	13,2	6,9	10,8	4
promedio	---	0,4	0,4	0,5	1	3	2	1,5	1,8	0,5	0,9	0,7
mediana	---	0,3	0,3	0,4	0,5	1,6	1,4	1,4	1	0,4	0,5	0,6
mínimo	---	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
varianza	---	0,1	0	0,7	2,1	10	4,5	0,9	5,6	0,8	2,6	0,2
desv estándar	---	0,2	0,1	0,8	1,5	3,2	2,1	0,9	2,4	0,9	1,6	0,5
rango	---	0,9	0,3	6	10,4	13,8	12,9	5,4	12,9	6,6	10,5	3,6
numero de datos	---	117	464	698	742	719	726	743	719	574	702	270
rango inter	---	0,1	0,1	0	0,6	2,6	1,1	0,5	1,5	0	0,4	0,2
cv	---	61,9	15,4	158	141,2	106,3	103,6	61,6	128	179,5	180,5	68,6
coef. Skew	---	8,6	0,4	12,2	5,3	2,2	3,3	3,5	3,6	14,8	7,5	7,5
coef. Kurt	---	83,1	-0,5	184	37,7	5,2	13,7	17,8	17,5	264,9	68,9	78
percentiles	---											
10	---	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,3	0,4	0,4
25	---	0,3	0,3	0,4	0,4	1,1	0,9	1,1	0,6	0,4	0,4	0,5
50	---	0,3	0,3	0,4	0,5	1,6	1,4	1,4	1,0	0,4	0,5	0,6
75	---	0,4	0,4	0,4	1,0	3,7	2	1,6	2,1	0,4	0,8	0,7
90	---	0,4	0,4	0,6	2,2	7,4	4,5	2,2	3,8	0,5	1,2	1,0
95	---	0,5	0,4	0,8	3,1	9,6	6,7	3,1	6,4	0,8	2,0	1,2
99	---	1	0,5	2,9	7,7	14,7	10,9	5,7	12,6	3	8,9	2,7
99,99	---	2,7	0,6	15	16,3	20,3	18,2	9,0	21,5	17,9	20,8	6,4



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

Año 2015	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
máximo	71,1	60,6	50,1	482,4	129,1	54,4	90,3	68,9	125,7	81,3	58,1	84,6
promedio	39,4	29,3	31,2	55,2	35,6	24	34,3	25,7	38,2	31,7	32,6	47,3
mediana	34,9	28,8	28,1	28,8	30,3	24,7	32,2	21,6	32,4	28,4	29,3	40,1
mínimo	16,7	13,0	15,3	9,4	8,1	9,6	10,7	11,0	14,2	11,6	19,1	18,1
varianza	159,7	109	93,1	9456	493,7	168,2	314,5	191,5	495,1	203,2	120,9	369,4
desv estándar	12,6	10,4	9,6	97,2	22,2	13	17,7	13,8	22,3	14,3	11	19,2
rango	54,4	47,6	34,8	472,9	121	44,8	79,5	57,9	111,5	69,6	39	66,5
numero de datos	30	28	31	30	31	14	28	22	29	23	29	26
rango inter	15,4	11,6	13	18,5	21,5	13,7	17,8	10,8	20,8	9,1	18,1	29,8
cv	32,1	35,6	30,9	176,2	62,4	54	51,7	53,8	58,3	45	33,7	40,6
coef. Skew	0,7	0,8	0,3	3,8	2,6	1	1,4	1,9	2,4	2	0,7	0,7
coef. Kurt	0,2	1,7	-0,7	14,6	9,9	0,8	2,4	3,8	7,8	6,1	-0,6	-0,6
percentiles												
10	24,2	15,8	20,9	14,6	17	10,3	17,7	13,4	20,7	17,3	22,0	22,9
25	29,4	22,5	25,6	20,0	21,4	15,6	20,6	17,4	24,2	24,4	22,8	29,4
50	34,9	28,8	28,1	28,8	30,3	24,7	32,2	21,6	32,4	28,4	29,3	40,1
75	44,9	34,2	38,5	38,5	42,9	29,3	38,4	28,2	45,0	33,5	40,9	59,3
90	55,9	41,1	44,3	63,9	52,4	40,5	56,9	41,7	58,7	47,0	48,8	68,7
95	56,7	43,8	47,8	211,2	63,2	48,1	63,9	51,6	69,4	48,5	50,6	78,8
99	67,1	56,2	49,7	433,7	110,1	53,2	83,5	65,4	110,9	74,1	56,1	83,9
99,99	71,0	60,6	50,1	481,9	128,9	54,4	90,2	68,8	125,5	81,2	58,1	84,6



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS EMCABB

- CA-001 Manual de aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire que Contiene 4 anexos :
 - ✓ CA-001-A01: Plano de ubicación de las EMCABBs.
 - ✓ CA-001-A02 Sistema de adquisición de datos.
 - ✓ CA-001-A03 Sistemas de comunicación EMCABB-CTE.
 - ✓ CA-001-A04 Lista de verificación de sitios de monitoreo
- CA-002 Análisis datos con promedios menores al límite de detección
- CA-003 Procedimiento de validación de datos. Con un anexo
 - ✓ CA-003-A01: Validación
- CA-004 Procedimiento de calibración de los equipos de las EMCABB. Contiene 2 anexos
 - ✓ CA-004-A01: Criterios de ajuste de cero y span
 - ✓ CA-004-A02: Planilla de registro de calibraciones
- CA-005 Auditoría Interna de las EMCABB
 - ✓ CA-005-A01: Formulario plan de auditoria
 - ✓ CA-005-A02: Lista de verificación de verificación para auditorías internas EMCABBs
 - ✓ CA-005-A03: Formulario para informes de auditorías internas
- CA-006 Procedimiento General de Mantenimiento
 - ✓ CA-006-A01: Listados de equipos sujetos a mantenimientos
 - ✓ CA-006-A02: Instructivos chequeos GA
 - ✓ CA-006-A03: Planilla de registros chequeos GA.
 - ✓ CA-006-A04: Planilla de registros chequeos anuales
 - ✓ CA-006-A05: Tarjeta de identificación equipo fuera de servicio
- CA-007 Mantenimientos preventivos del equipo generador de aire zero (111)
- CA-008 Mantenimientos preventivos del Analizador de Monóxido de Carbono en Aire Ambiente (48C). Con un anexo:
 - ✓ CA-008-A01: Checklist mantenimiento 48C
- CA-009 Mantenimientos preventivos del Calibrador Dinámico (146i)
 - ✓ CA-009-A01 Checklist mantenimiento 146i
- CA-010 Mantenimientos Preventivos del Analizador de Óxidos de Nitrógeno en Aire Ambiente (42iTL)



- ✓ CA-010-A01 Checklist mantenimiento 42i
- CA-011 Mantenimientos preventivos del Analizador de Dióxido de Azufre en Aire Ambiente (43 i TLE)
 - ✓ CA-011-A01 Checklist mantenimiento 43i
- CA-012 Mantenimientos preventivos del Analizador de PM10 en Aire Ambiente (TEOM 1400a)
 - ✓ CA-012-A01 Checklist mantenimiento TEOM
- CA-013 Mantenimientos preventivos del Analizador de Ozono en Aire Ambiente (49C)
 - ✓ CA-013-A01 Checklist mantenimiento 49C
- CA-014 Mantenimientos preventivos del Calibrador Primario de Ozono (modelo 49 PSC)
 - ✓ CA-014-A01 Checklist mantenimiento 49PSC
- CA-015 Mantenimientos preventivos del Analizador de PM10 en Aire Ambiente (TEOM 1405)
 - ✓ CA-015-A01 Checklist mantenimiento TEOM 1405
- CA-016 Procedimiento para Test Analógicos y congruencia de datos en EMCABB I y II
 - ✓ CA-016-A01 Planilla de registros test analógicos
- CA-017 Procedimiento de Control de Registros del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de las EMCABB I y II
 - ✓ CA-017-A01 Listado de registros
- CA-018-Calibración TEOM 1400a EMCABB I
- CA-019 Procedimiento de Calibración del analizador de ozono (O3) en la EMCABB I
- CA-020 Procedimiento para la aceptación de equipos y/o partes de equipos
 - ✓ CA-020-A01 Formulario general de recepción
 - ✓ CA-020-A01 Pruebas de puesta en marcha y aceptación de equipos.