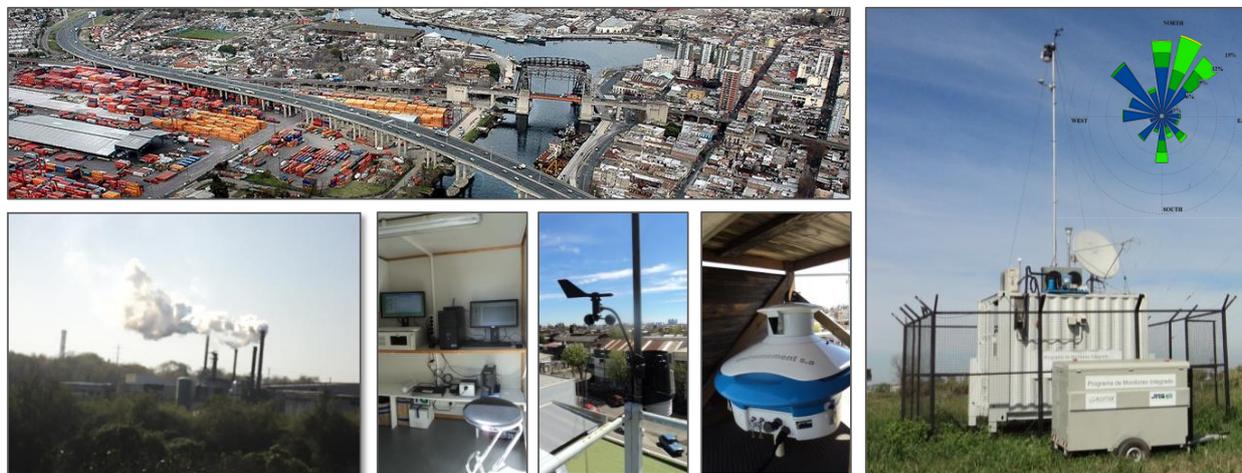


CUENCA MATANZA RIACHUELO

Monitoreo de Calidad de Aire

Informe Trimestral Marzo – Mayo de 2016

Análisis e Interpretación de Resultados



ACUMAR

AUTORIDAD DE CUENCA MATANZA RIACHUELO

**Dirección General Técnica
Coordinación de Calidad Ambiental**

Agosto de 2016



Contenido

RESUMEN	1
ESTUDIO Y MONITOREO DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO	3
1. Monitoreo Continuo y automático de la calidad del aire.....	4
1.1. Resultado de parámetros medidos en la EMC ubicada en Dock Sud para el período Marzo-Mayo 2016	4
1.1.1. Grado de Cumplimiento de la Res. ACUMAR N° 02/07 de Calidad de Aire.....	5
1.1.2. Análisis de tendencias y variabilidad horaria de Contaminantes medidos en la EMC i ubicada en Dock Sud	14
1.2. Monitoreo continuo mediante el sistema Open Path en Dock Sud	25
1.2.1. Resultados de parámetros medidos con los equipos Open Path para el período Marzo-Mayo 2016.	26
1.2.2. Análisis de tendencia en la concentración de benceno detectada en los Open Paths 1 y 2 y la EMC I en Dock Sud.	31
2. Monitoreo discontinuo y manual de la calidad del aire	35
2.1. Resultado de parámetros medidos en los sitios de monitoreo para el período Marzo-Mayo 2016 .	35
Referencias.....	43



RESUMEN

El presente informe contiene un análisis de las actividades desarrolladas en el marco de la nueva licitación de "Contratación de: A) Un Servicio de medición de la Calidad de Aire Mediante una red de Monitoreo Continuo y Automático de Contaminantes de Criterio en el Área de Dock Sud, B) un servicio de Medición de la Calidad del Aire de Monitoreo Continuo y Automático de Contaminantes compuesto por: Dos (2) Estaciones de Monitoreo Continuo para mediciones de paso abierto (UV) de Benceno, Tolueno, y Xilenos, C) Contratación de un Servicio de Monitoreo Continuo y Automático de Contaminantes de Criterio en dos (2) zonas de la Cuenca compuesto por: Una (1) Estación de Monitoreo Continuo de Contaminantes de Criterio, y D) El Servicio de Estudio de la Contaminación Atmosférica y Monitoreo de la Calidad del Aire mediante la ejecución de Mediciones Puntuales de Contaminantes Tóxicos y Parámetros Meteorológicos en ocho (8) Áreas de Estudio de la Cuenca MATANZA RIACHUELO" (EXP-ACR N° 909/2014) que inició en el mes de octubre de 2015. En este informe se presentan los resultados de las tareas desarrolladas durante el período **marzo - mayo de 2016** correspondientes a Monitoreos Continuos de Contaminantes de Criterio en Dock Sud y su área de influencia y de Monitoreos Puntuales en 8 Partidos de la Cuenca.

Más específicamente, en este informe se presentan:

- (i) Resultados de la red de monitoreo continua y automática de calidad de aire (de la Estación de Monitoreo Continuo y los equipos Open Path), y de la red de monitoreo puntual de calidad de aire (en 8 Partidos de la Cuenca), identificando la localización de los sitios de monitoreo, los parámetros monitoreados y sus métodos de medición.
- (ii) Análisis estadístico de los parámetros medidos.
- (iii) Análisis del cumplimiento de la normativa de calidad de aire de ACUMAR (Res. N° 02/07) para los contaminantes criterio.

Paralelamente, en el informe se presentan los datos del monitoreo de calidad de aire suministrados por la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires para el trimestre bajo estudio.

Los datos recolectados de los monitoreos mencionados se centralizan en la base de datos de Medición de Calidad de Aire en la Cuenca, que se encuentra a disposición pública de fácil acceso tanto para la visualización como para la descarga de la información en la página web de ACUMAR.

En el siguiente link se puede obtener toda la información de la base de datos de las mediciones de calidad de aire: [BASES DE DATOS ACTUALIZADA A MAYO 2016](#)

En el siguiente link se pueden obtener los informes mensuales de monitoreo de calidad de aire de ACUMAR y APRA: [INFORMES](#)

En el siguiente link se puede acceder al Inventario actualizado de fuentes de emisión ubicadas en el área de Dock Sud: [INVENTARIO DE FUENTES DE EMISIÓN](#)

A continuación se presentan los resultados correspondientes a los "Estudios de la Contaminación Atmosférica, Monitoreo de la Calidad del Aire y Parámetros Meteorológicos en la Cuenca Matanza Riachuelo", realizando un análisis de los valores obtenidos y del grado de cumplimiento de la normativa de calidad de aire de ACUMAR (Res. N° 02/07) para los contaminantes criterio.

Monitoreo Continuo de Contaminantes Criterio en la Estación de Monitoreo Continuo de Dock Sud: Con respecto al cumplimiento de la **Resolución N° 02/07 de ACUMAR**, no se han registrado excedencias para los siguientes parámetros en los períodos de tiempo normados detallados a continuación: monóxido de carbono (1 y 8 h), dióxido de nitrógeno (1 h), ozono (1 y 8 h), dióxido de azufre (3 y 24 h) y material particulado PM₁₀ (24 h) (Ver sección 1.1. Resultado de parámetros medidos en la EMC ubicada en Dock Sud para el período marzo-mayo 2016).

Monitoreo Continuo de otros parámetros en la Estación de Monitoreo Continuo de Dock Sud: En lo que respecta a los parámetros medidos en la Estación de Monitoreo Continuo que **no cuentan con regulación de ACUMAR**, es posible afirmar que se han monitoreado: benceno, tolueno, etilbenceno, y o-xileno, óxidos de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, hidrocarburos metánicos, hidrocarburos no metánicos, hidrocarburos totales de petróleo, sulfuro de hidrógeno y material particulado PM_{2.5}. En este período, el equipo analizador de m/p-xileno se encontró bajo tareas de mantenimiento y puesta a punto (Ver sección 1.1. Resultado de parámetros medidos en la EMC ubicada en Dock Sud para el período marzo-mayo 2016).

Monitoreo Continuo de otros parámetros por dos sistemas Open Path: En lo que respecta a los parámetros medidos por los sistemas Open Path que **no cuentan con regulación de ACUMAR** es posible afirmar que se han monitoreado la totalidad de los mismos: benceno, tolueno, m-xileno y p-xileno (Ver sección 1.2. Monitoreo continuo mediante el sistema Open Path para el período marzo-mayo 2016).

Monitoreo Puntual de otros parámetros: En este informe se presentan los resultados de las campañas de monitoreo de los parámetros: dióxido de azufre; etilmercaptano, propilmercaptano y n-butilmercaptano; benceno, tolueno, m/p-xileno y o-xileno; cromo, plomo, cadmio, níquel y vanadio en PM₁₀; y ácido sulfúrico y ácido nítrico en PM_{2.5}. Estos contaminantes fueron medidos en siete zonas de la Cuenca: Almirante Brown, Dock Sud, Lanús Este, La Matanza, Esteban Echeverría, Lomas de Zamora, La Boca y Ezeiza. (Ver sección 3. Monitoreo discontinuo y manual de la calidad del aire).

FIN DEL RESUMEN

ESTUDIO Y MONITOREO DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO

Desde agosto de 2010, ACUMAR está monitoreando la presencia de contaminantes de criterio normados por la Resolución ACUMAR N° 02/07 y de variables meteorológicas en la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR).

En el marco del proyecto de *"Medición y Estudio de la Contaminación Atmosférica y Monitoreo de la Calidad del Aire mediante la ejecución de Mediciones Puntuales de Contaminantes tóxicos y Parámetros Meteorológicos de la Cuenca Matanza – Riachuelo por el término de dieciocho (18) meses"*, el presente documento constituye uno de los informes trimestrales desarrollados con el objeto de revisar y evaluar los resultados de contaminantes de criterio obtenidos en el período comprendido entre los meses de **marzo, abril y mayo de 2016**, detectando e identificando eventos significativos en la evaluación de la calidad de aire en los sitios de monitoreo. Con respecto a la continuidad de los estudios y a la extensión de la red de monitoreo de calidad atmosférica de la Cuenca, la nueva licitación fue adjudicada mediante Orden de Compra N° 71-2015 del Expediente 909-2014 en el mes de octubre de 2015.

Se continúa monitoreando en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) a través de la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (APrA) de la que se presenta el Informe del período marzo-mayo de 2016.

1. MONITOREO CONTINUO Y AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

1.1. RESULTADO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN LA EMC UBICADA EN DOCK SUD PARA EL PERÍODO MARZO-MAYO 2016

La estación de Monitoreo Continuo (EMC) se encuentra ubicada en un predio perteneciente a Radiodifusora del Plata S.A., cuyas coordenadas geográficas son: 34°40'2.55" S y 58°19'45.23" O (Figura 1). El mismo se encuentra dentro de los límites del área de estudio conformada por el área de Dock Sud. A continuación se presentan los datos validados, tanto técnicamente como ambientalmente, de los parámetros medidos durante el período 01 de marzo de 2015 a las 00:00 h hasta el 31 de mayo de 2016 a las 23:59 h.

Figura 1. Ubicación de la Estación de Monitoreo Continuo y Automático de la Calidad del Aire (EMC) en Dock Sud.



En la EMC se miden en forma continua y automática los siguientes Contaminantes (en negrita se especifican los métodos de medición):

- Monóxido de carbono (CO) - **Fotometría de Infrarrojo no Dispersivo.**
- Dióxido de azufre (SO₂) - **Fluorescencia UV.**
- Sulfuro de hidrógeno (SH₂), - **Convertidor de H₂S mediante determinación de SO₂.**
- Óxidos de nitrógeno (NO, NO₂, NO_x) - **Quimioluminiscencia de Fase Gaseosa.**
- Ozono (O₃) - **Fotometría UV de Gas de Referencia.** El equipo analizador de ozono realiza la medición de ozono de transferencia sin calibrar contra un patrón primario.
- Material particulado inferior a 10 µm (PM₁₀)- **Gravimetría no Destructiva - Atenuación de radiación Beta.**

- Material particulado inferior a 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$) - **Gravimetría no Destructiva - Atenuación de radiación Beta.**
- Hidrocarburos totales (HCT) - **Ionización de Llama (FID) con Combustión Selectiva y Modulación por Flujo Cruzado.**
- Hidrocarburos en base metano (HCM) - **Se diferencian en el equipo de Ionización de Llama.**
- Hidrocarburos en base no metánico (HCNM) - **Se diferencian en el equipo de Ionización de Llama.**
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs): benceno (C_6H_6), tolueno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), etilbenceno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$) y xilenos ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$): m-p xileno y o-xileno (BTEX discriminados) - **P.I.D. (Detección de fotoionización).**

Paralelamente se miden variables meteorológicas:

- Viento: dirección e intensidad
- Humedad Relativa Ambiente
- Presión Atmosférica
- Temperatura
- Radiación Solar Incidente
- Precipitaciones

A continuación se presenta el análisis de los resultados de los parámetros en estudio, medidos con la EMC emplazada en el área de Dock Sud, correspondiente a los meses de marzo, abril y mayo de 2016.

1.1.1. GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA RES. ACUMAR N° 02/07 DE CALIDAD DE AIRE

A continuación se presenta la Resolución N° 02/07 de ACUMAR (Tabla 1) donde se fijan los estándares ambientales para los siguientes contaminantes atmosféricos:

- Monóxido de Carbono- CO (1 h y 8 h)
- Dióxido de nitrógeno- NO_2 (1 h y 1 año)
- Dióxido de azufre- SO_2 (3 h, 24 h y 1 año)
- Ozono- O_3 (1 h y 8 h)
- Plomo- Pb (3 meses)
- Material particulado en suspensión- PM_{10} (24 h y 1 año)
- Partículas sedimentables (1 mes)

Tabla 1. Resolución ACUMAR N° 02/07 de calidad de aire

Parámetros	Tiempo de promedio	Estándar (mg/m ³)	Estándar (ppm)	Carácter del estándar
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora (1)	40	35	Primario
	8 horas (3)	10	9	Primario
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora (1)	0,376	0,200	Primario y secundario
	1 año (5) (promedio aritmético)	0,100	0,053	Primario y secundario
Dióxido de azufre (SO ₂)	3 horas (2)	1,309	0,500	Secundario
	24 horas (4)	0,367	0,140	Primario
	1 año (5) (promedio aritmético)	0,079	0,030	Primario
Ozono (O ₃)	1 hora (1)	0,236	0,120	Primario y secundario
	8 horas (3)	0,157	0,080	Primario y secundario
Piomo (Pb)	3 meses (promedio aritmético)	0,0015	-----	Primario y secundario
Material particulado en suspensión (PM10)	24 horas (4)	0,150	-----	Primario
	1 año (5) (promedio aritmético)	0,050	-----	Primario y secundario
Benceno	(6)	(6)	(6)	Primario
Partículas Sedimentables (Flujo másico Vertical)	1 mes	1 mg/cm ²	-----	Primario

ppm: partes por millón.

mg/m³: miligramos por metro cúbico

Los estándares están expresados en CNPT.

1. Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración horaria correspondiente al percentil 98 de las concentraciones horarias de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

2. El valor (tiempo de promedio: 3 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a períodos de 3 horas consecutivas; por ejemplo: entre 01-03horas, 04-06 horas, 07-09 horas, 10-12 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 3 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 3 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

3. El valor (tiempo de promedio: 8 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal (promedio móvil) de períodos de 8 horas superpuestos; por ejemplo: entre 01-09horas, 02-10 horas, 03-10 horas, 04-11 horas, etc.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 8 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 8 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

4. El valor (tiempo de promedio: 24 horas) debe ser interpretado como valor medio temporal correspondiente a períodos de 24 horas consecutivos.

Para cumplimentar este estándar, el valor de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) correspondiente al percentil 98 de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) de tres años consecutivos en cada monitor no debe exceder el estándar.

5. Para cumplimentar este estándar el promedio de las medias aritméticas anuales de las concentraciones de este contaminante en aire de tres años consecutivos en cada muestreador no debe exceder el estándar respectivo.

6. En el marco de la Comisión Interjurisdiccional artículo 5º, inc. "a" de la Ley 26.168 será oportunamente definido el valor correspondiente dentro del plazo de dos (2) años.

Respecto al cumplimiento de la **Resolución N° 02/07 de ACUMAR** para el período bajo estudio (marzo-mayo 2016) no se han registrado excedencias para los siguientes parámetros en los períodos de tiempo normados detallados a continuación: monóxido de carbono (1 y 8 h), dióxido de nitrógeno (1 h), ozono (1 y 8 h), dióxido de azufre (3 y 24 h) y material particulado PM10 (24 h).

Monóxido de carbono (1 y 8 h): Para el parámetro **monóxido de carbono 1 h** (Figura 2) y **8 h** (Figura 3), podemos observar que los valores de medias móviles dan cumplimiento al valor estándar de Calidad de Aire indicado por la Resolución N° 02/07 de ACUMAR (40 y 10 mg/m³ para 1 y 8 h, respectivamente). Los valores medios del trimestre fueron CO 1h: 0,39 ± 0,34 mg/m³ – CO 8h: 0,39 ± 0,29 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Marzo**: máximos diarios CO 1h: 1,01 mg/m³ – CO 8h: 1,12 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 2,25 mg/m³ – CO 8h: 1,73 mg/m³; **Abril**: máximos diarios CO 1h: 0,63 mg/m³ – CO 8h: 0,66 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 2,00 mg/m³ – CO 8h: 1,28 mg/m³; **Mayo**: máximos diarios CO 1h: 1,00 mg/m³ – CO 8h: 1,00 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 2,91 mg/m³ – CO 8h: 2,08 mg/m³.

Figura 2. Valores de concentración medios y máximos diarios de CO (1 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

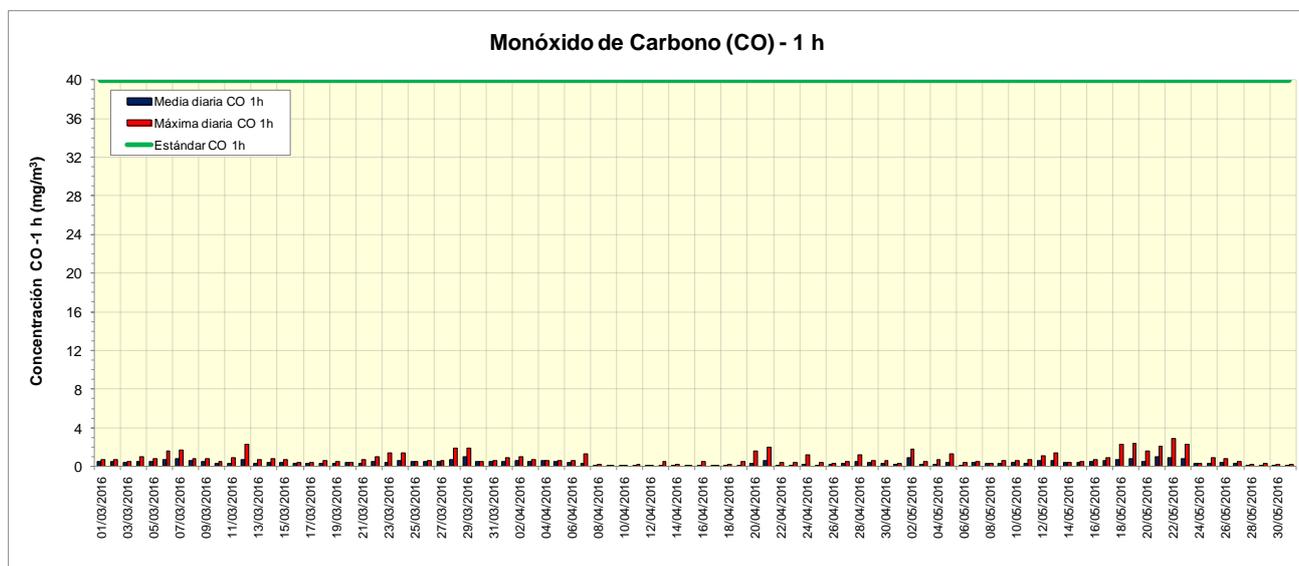
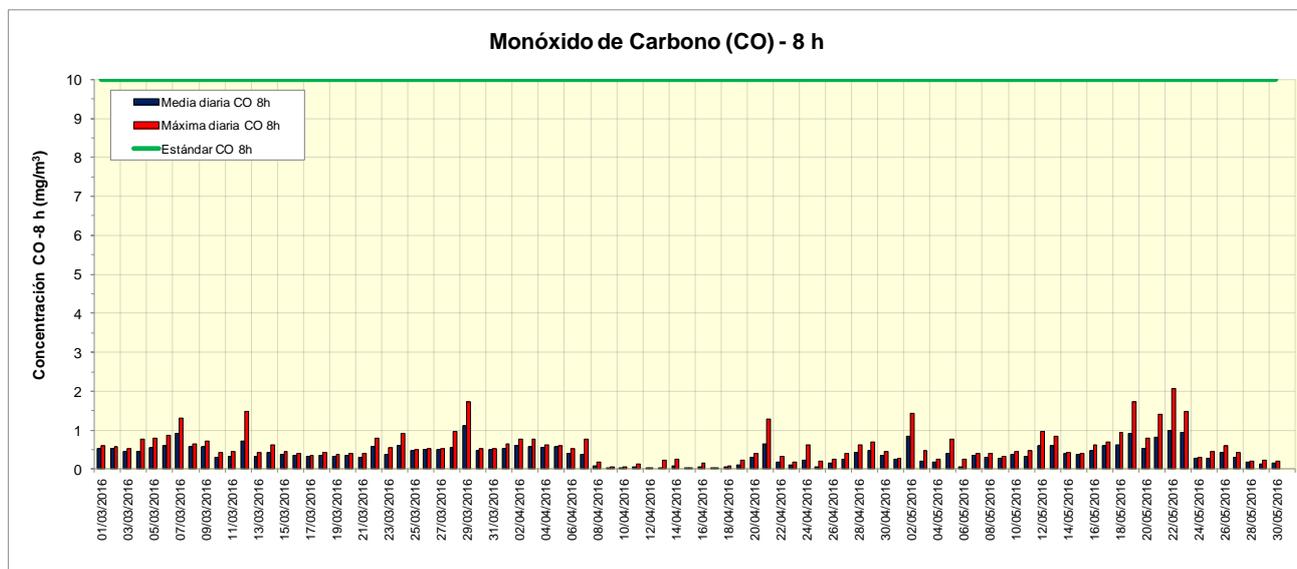
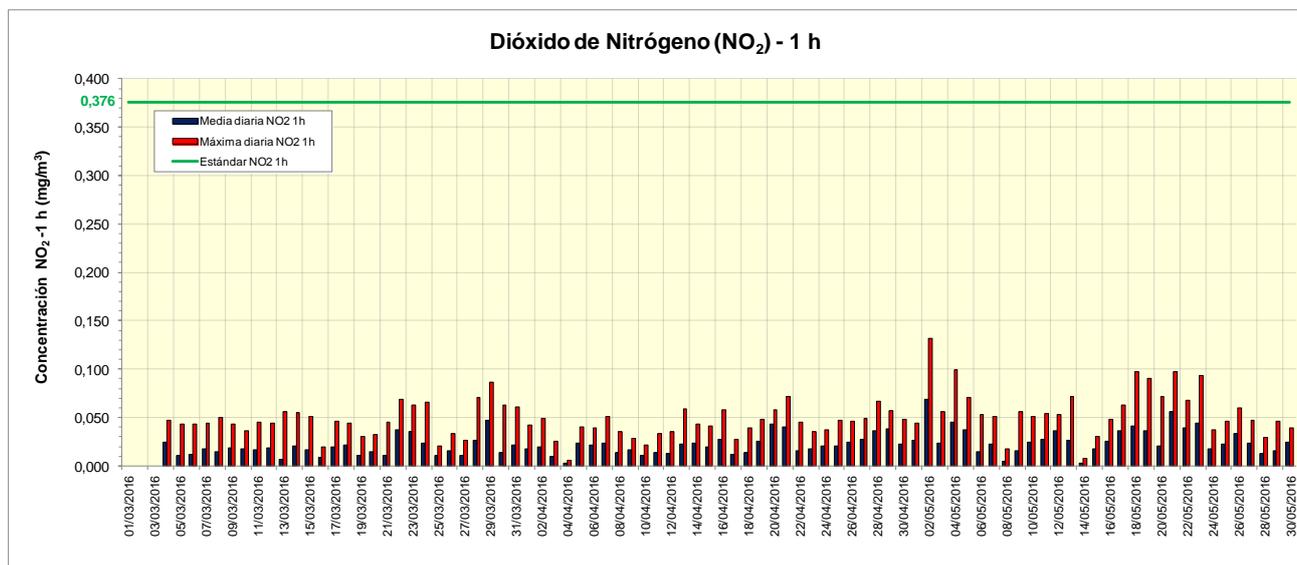


Figura 3. Valores de concentración medios y máximos diarios de CO (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Dióxido de nitrógeno (1 h): Para el parámetro NO_2 1 h (Figura 4), el valor medio del trimestre fue de $0,023 \pm 0,019 \text{ mg}/\text{m}^3$ y con respecto a los valores mensuales, **Marzo** presentó concentraciones máximas diarias de $0,047 \text{ mg}/\text{m}^3$, horarias de $0,086 \text{ mg}/\text{m}^3$ y un promedio mensual de $0,019 \text{ mg}/\text{m}^3$; **Abril** presentó concentraciones máximas diarias de $0,043 \text{ mg}/\text{m}^3$, horarias de $0,072 \text{ mg}/\text{m}^3$ y un promedio mensual de $0,021 \text{ mg}/\text{m}^3$; **Mayo** presentó concentraciones máximas diarias de $0,068 \text{ mg}/\text{m}^3$, horarias de $0,132 \text{ mg}/\text{m}^3$ y un promedio mensual de $0,028 \text{ mg}/\text{m}^3$. En función de los valores horarios observados, se verifica el cumplimiento de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR ($0,376 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Figura 4. Valores de concentración medios y máximos diarios de NO₂ (1 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



Ozono (1 y 8 h): Para el parámetro **ozono 1 h** (Figura 5) y **8 h** (Figura 6), los valores medios del trimestre fueron O₃ 1h: 0,030 ± 0,018 mg/m³ – O₃ 8h: 0,030 ± 0,016 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Marzo**: máximos diarios O₃ 1h: 0,050 mg/m³ – O₃ 8h: 0,047 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,103 mg/m³ – O₃ 8h: 0,080 mg/m³; **Abril**: máximos diarios O₃ 1h: 0,102 mg/m³ – O₃ 8h: 0,098 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,119 mg/m³ – O₃ 8h: 0,114 mg/m³; **Mayo**: máximos diarios O₃ 1h: 0,058 mg/m³ – O₃ 8h: 0,056 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,087 mg/m³ – O₃ 8h: 0,081 mg/m³. En función de los valores horarios observados, se verifica el cumplimiento de los estándares de O₃ 1 y 8 h establecidos en la Resolución N° 02/07 de ACUMAR (0,236 mg/m³ y 0,157 mg/m³, respectivamente).

Figura 5. Valores de concentración medios y máximos diarios de O₃ (1 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

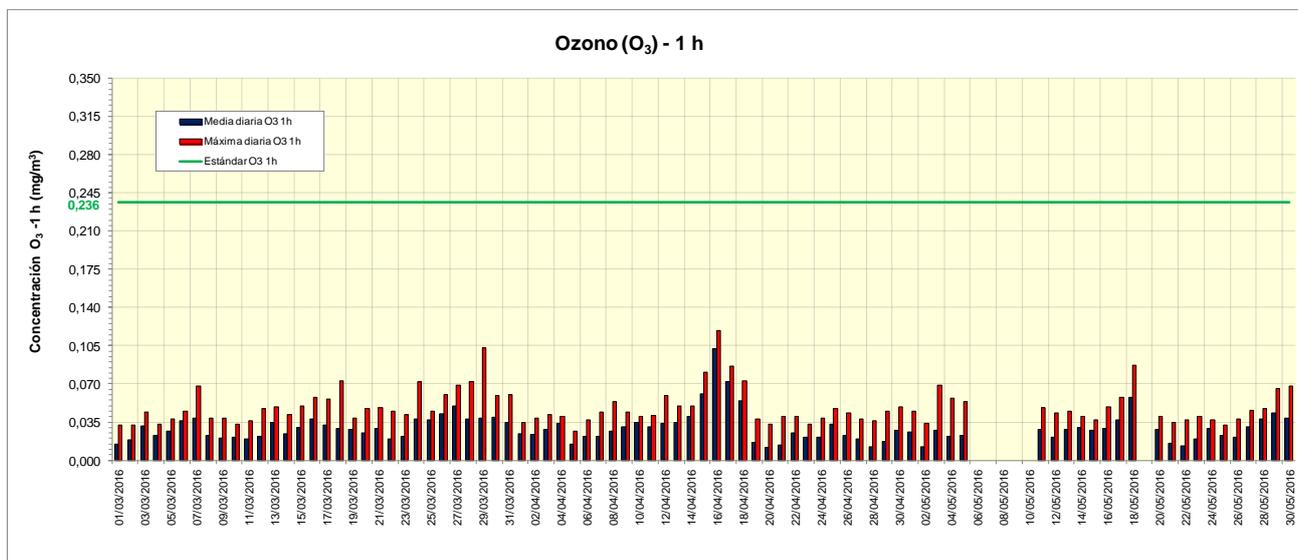
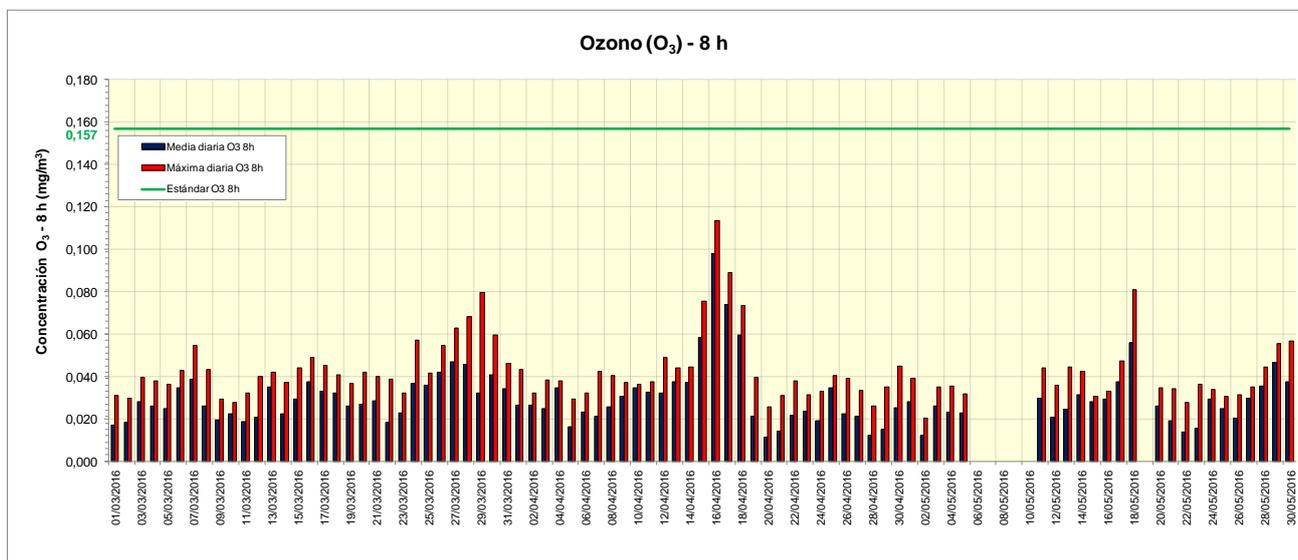


Figura 6. Valores de concentración medios y máximos diarios de O₃ (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



Dióxido de azufre (3 y 24 h): Para el parámetro **dióxido de azufre 3 h** (Figura 7) y **24 h** (Figura 8) (Estándares de Calidad de Aire: 1,309 mg/m³ y 0,367 mg/m³, respectivamente) los valores medios del trimestre fueron SO₂ 3h: 0,039 ± 0,078 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,039 ± 0,047 mg/m³. Los valores máximos horarios y diarios alcanzados fueron: **Marzo:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,252 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,143 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,749 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,254 mg/m³. **Abril:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,084 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,091 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,380 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,120 mg/m³. **Mayo:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,191 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,192 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,590 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,239 mg/m³. En función de los valores horarios observados, se verifica el cumplimiento de la Resolución Nº 02/07 de ACUMAR (para 3 y 24 h).

Figura 7. Valores de concentración medios y máximos diarios de SO₂ (3 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

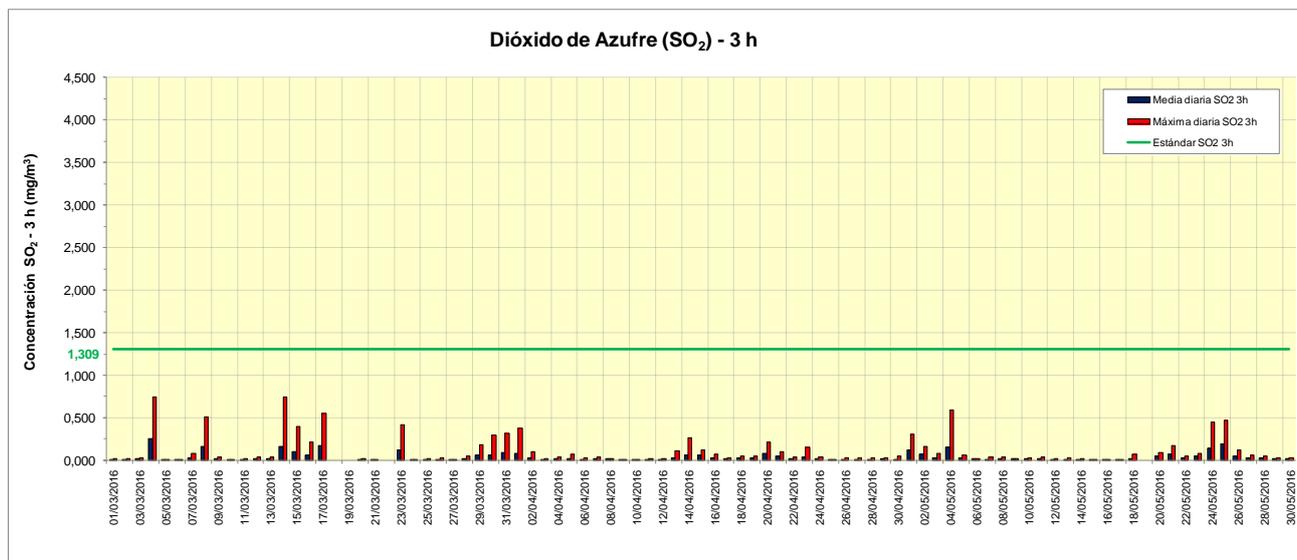
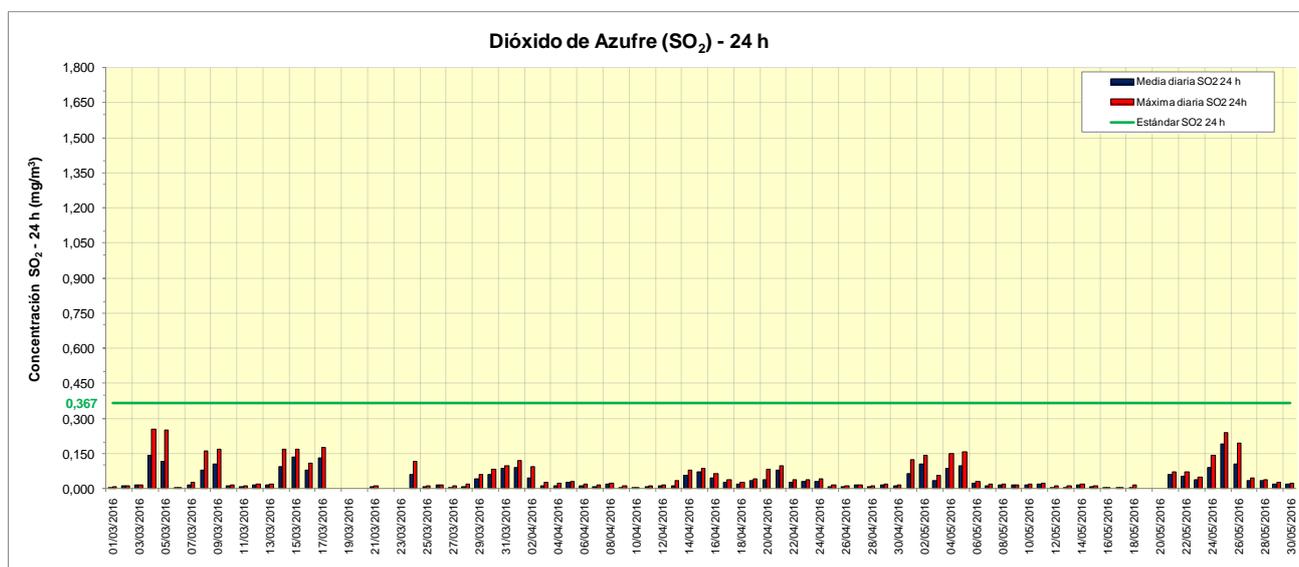
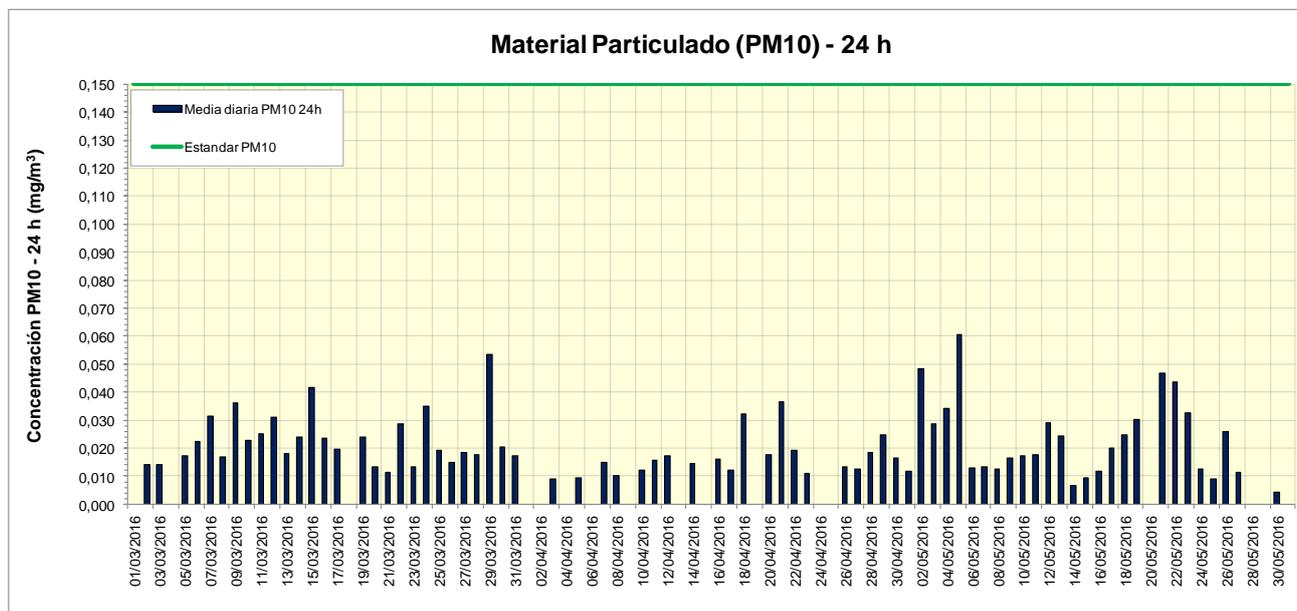


Figura 8. Valores de concentración medios y máximos diarios de SO₂ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



Material particulado PM10 (24 h): Se registra un valor máximo diario de 0,053 mg/m³ para **Marzo**; un valor máximo diario de 0,036 mg/m³ para **Abril** y un valor máximo diario de 0,061 mg/m³ para **Mayo** (Figura 9), con lo cual se verifica el cumplimiento del Estándar de Calidad de Aire fijado por Resolución N° 02/07 de ACUMAR (0,150 mg/m³) en 24 h.

Figura 9. Valores de concentración medios de PM₁₀ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



En lo que respecta a los parámetros medidos en la Estación de Monitoreo Continuo que **no cuentan con regulación de ACUMAR**, es posible afirmar que se han monitoreado: benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno, o-xileno, material particulado PM_{2.5}, óxidos de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, hidrocarburos metánicos, hidrocarburos no metánicos, hidrocarburos totales de petróleo, sulfuro de hidrógeno.

1.1.2. ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y VARIABILIDAD HORARIA DE CONTAMINANTES MEDIDOS EN LA EMC I UBICADA EN DOCK SUD

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Con respecto al análisis de tendencias de NO₂, la pendiente de la recta de regresión (Figura 10) estimada para el período de marzo-mayo (0,0066 µg/m³/h) indica una tendencia ligeramente creciente a lo largo del período bajo estudio (Tabla 2), y valores de concentración más elevados con respecto a los registrados en el trimestre anterior.

Figura 10. Variación horaria en la concentración de NO₂ medida en la EMC para el período de marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

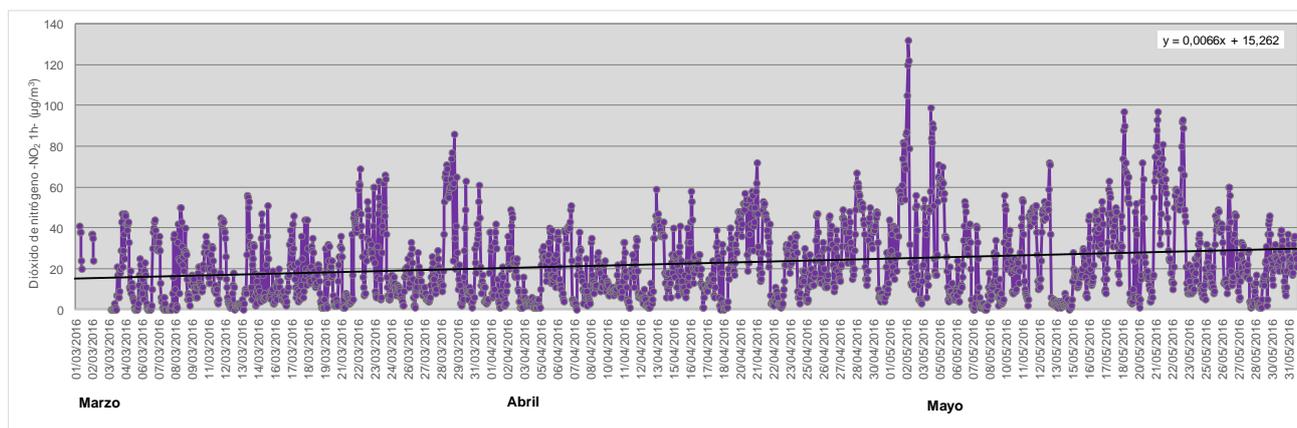


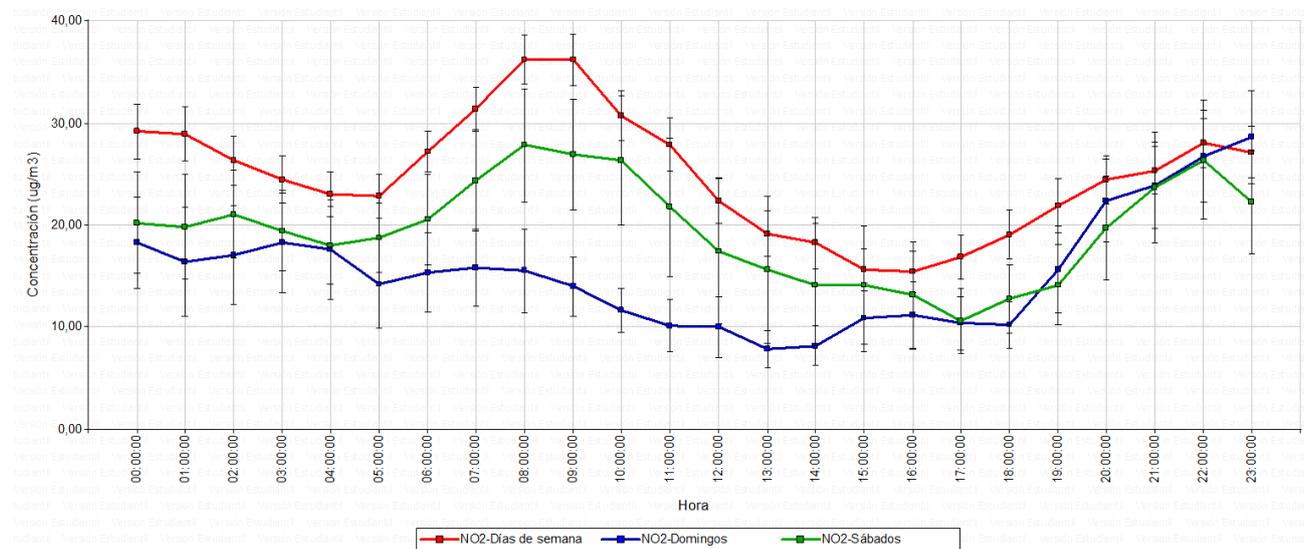
Tabla 2. Medidas resumen del parámetro NO₂ (1 h) para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Variable	Mes	n	Medidas resumen						
			Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
NO ₂ 1 h	Marzo	677	18,77	16,72	89,12	0,00	86,00	13,00	63,00
	Abril	693	21,49	15,44	71,84	0,00	72,00	18,00	56,00
	Mayo	740	27,86	22,51	80,79	0,00	132,00	22,00	88,00

n: total de horas analizadas (medias de 1 h); D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación (%); P(98): percentil 98.

Analizando el comportamiento horario de NO₂ en relación a los días de semana (Figura 11), se observa un comportamiento similar entre *Días de semana* (recta en color rojo), *Sábados* (recta en color verde) y *Domingos* (recta en color azul), exhibiendo los valores más altos los Días de semana (seguido de los Sábados y luego Domingos), con un pico entre las 08 y las 09 de la mañana y otro por la noche.

Figura 11. Variación horaria (media \pm error estándar) en la concentración de NO₂ en relación a los días de semana (días hábiles/Sábados/Domingos) medido en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

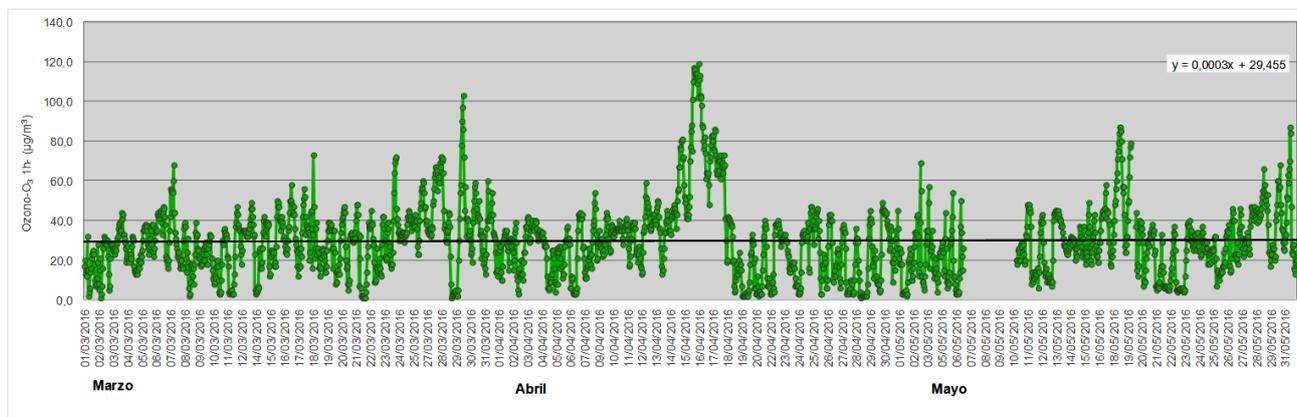


Ozono (O₃)

El ozono puede ser considerado como un contaminante secundario ya que por lo general no es emitido directamente a la atmósfera sino que se forma a partir de contaminantes primarios (precursores) a través de reacciones provocadas por la luz solar. Además de los ciclos diarios, la concentración de ozono también cambia según la época del año; en los meses de mayor intensidad solar (primavera-verano) se favorece la formación de oxidantes fotoquímicos aumentando la concentración de ozono.

Con respecto al análisis de tendencias de O₃ medido en Dock Sud, la pendiente de la recta de regresión (Figura 12) estimada ($0,0003 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) indica una tendencia prácticamente invariable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de O₃ entre los meses de marzo, abril y mayo (Tabla 3).

Figura 12. Variación horaria en la concentración de O₃ medida en la EMC período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.



Analizando el comportamiento horario de O₃ en relación a los días de semana (Figura 13) para el período bajo estudio, se observa un comportamiento bastante parejo entre los *Días de semana* (recta en color rojo), *Domingos* (recta en color azul) y *Sábados* (recta en color verde), registrándose los máximos valores entre las 14 y las 18 h.

Figura 13. Variación horaria (media ± error estándar) en la concentración de O₃ en relación a los días de semana (días hábiles/Sábados/Domingos) medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

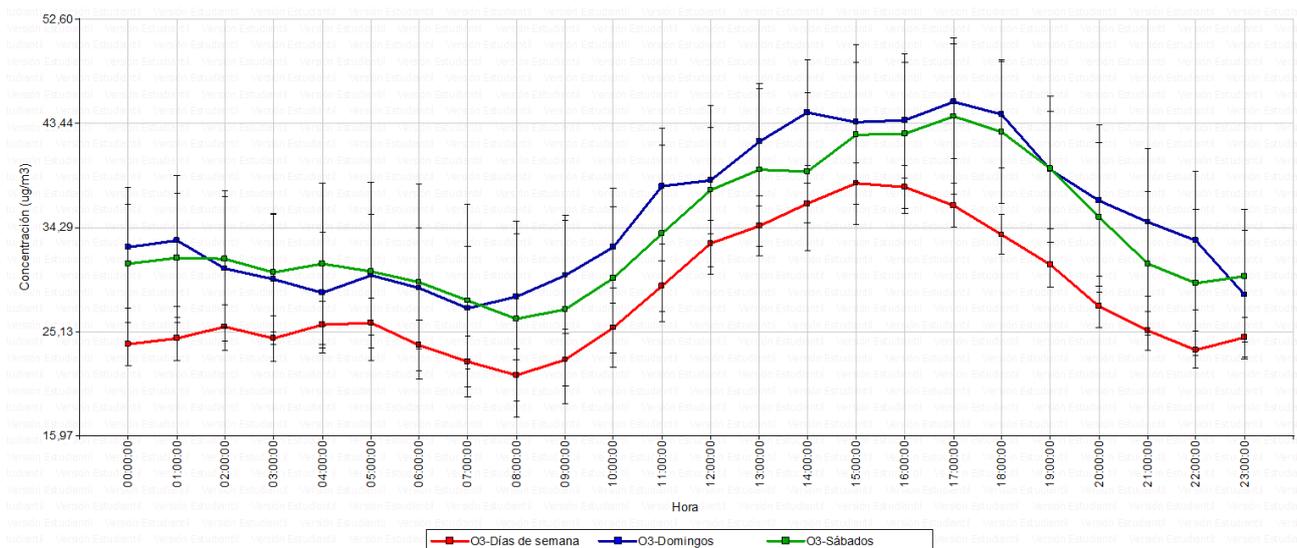


Tabla 3. Medidas resumen del parámetro O₃ (1 y 8 h) para período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
O ₃ 1 h	Marzo	695	31,3	22,4	71,7	1,0	119,0	30,0	102,0
	Abril	696	31,4	20,9	66,7	2,1	113,6	28,4	102,6
	Mayo	744	29,9	15,5	51,8	1,0	103,0	30,0	69,0
O ₃ 8 h	Marzo	744	29,8	12,9	43,5	1,6	79,8	29,5	62,9
	Abril	639	28,2	15,9	56,2	2,0	87,0	27,0	71,0
	Mayo	634	28,2	13,2	46,8	3,5	81,0	27,3	64,8

n: total de horas analizadas (medias móviles de 1 y 8 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

Precursores del O₃ (NO_x e hidrocarburos)

El origen fotoquímico del O₃, en líneas generales, proviene de la oxidación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄) en presencia de óxidos de nitrógeno y radiación solar en condiciones de estabilidad atmosférica (ausencia de vientos y lluvias) y de temperaturas moderadas (Picó et al., 2012).

En relación al perfil promedio diario de formación de O₃ en Dock Sud (Figuras 14 y 15) se puede apreciar que se da a partir de una serie de reacciones fotoquímicas, de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, que son emitidos desde las primeras horas de la mañana, con la luz solar. A medida que la radiación solar es más intensa se favorece la formación de oxidantes fotoquímicos, y en Dock Sud, en el período bajo estudio, la concentración de O₃ alcanzó su valor máximo entre las 14:00 y las 18:00 h.

Este patrón en la variabilidad temporal de los contaminantes atmosféricos se puede encontrar en las ciudades de todo el mundo (Sánchez et al., 2007). A veces, las variaciones se ven afectadas por las circulaciones de aire locales o efectos meteorológicos a corto plazo (Pudasinee et al., 2006; Costabile et al., 2007), pero el patrón básico siempre se mantiene. Las concentraciones varían en distintas ciudades en función de la contaminación atmosférica de fondo, las condiciones de emisión específicas y las condiciones meteorológicas generales (Han et al., 2011).

Figura 14. Variación horaria (media \pm error estándar) en la concentración de NO_x, NO₂, NO y O₃ medidos en la EMC para el período marzo-mayo 2016.

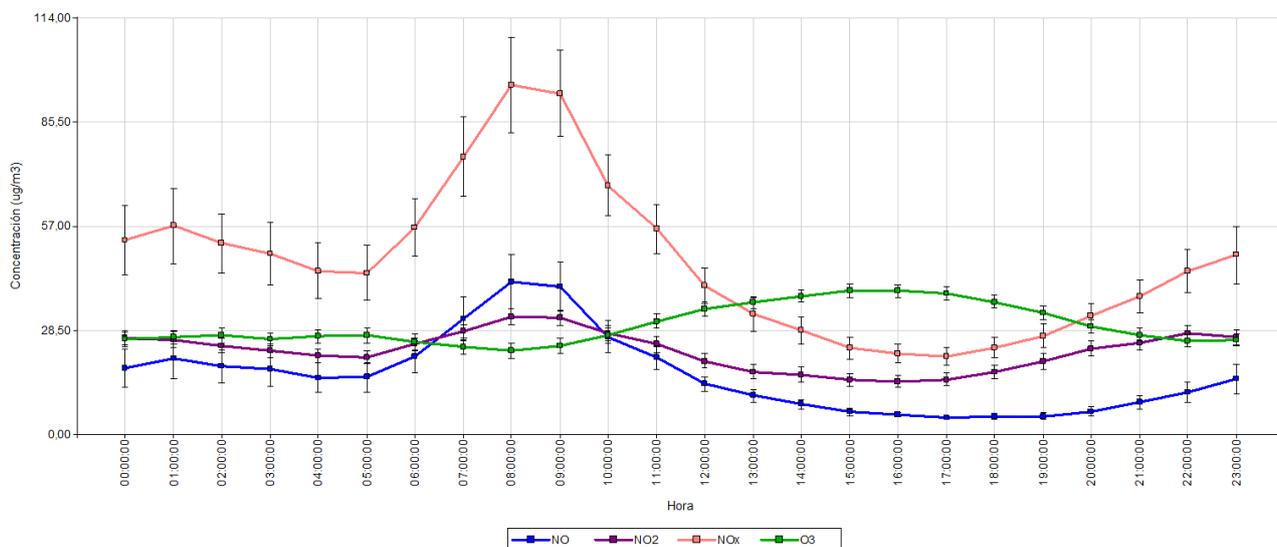
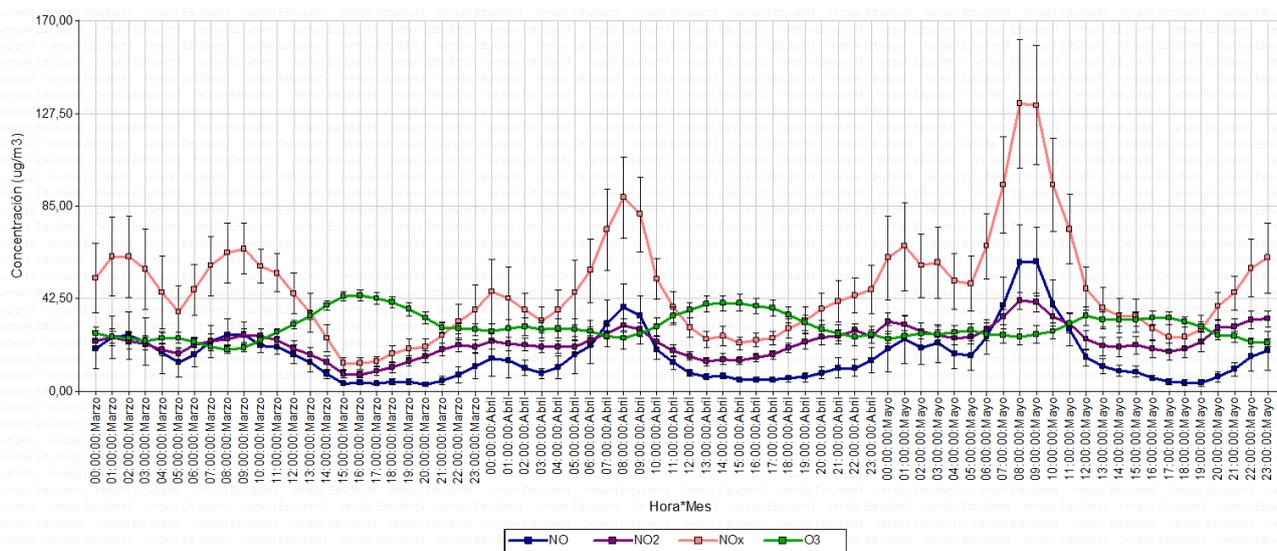


Figura 15. Variación horaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de NO_x, NO₂, NO y O₃ medidos en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



El análisis estadístico revela que la correlación entre O₃ y sus precursores (y radiación solar incidente) para el período marzo-mayo 2016 en la EMC (Tabla 4) es significativa y con coeficientes de correlación negativos y mayores a 0,40 para NO₂, NO, NO_x e HCM y con un coeficiente de correlación positivo para radiación solar (0,46).

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre O₃ y sus precursores (y radiación solar incidente) para el período marzo-mayo 2016 medidos en la EMC.

Correlación de Pearson									
Variables	NO	NO ₂	NO _x	CO	HCM	HCnM	HCT	O ₃	Rad slr
NO	1								
NO ₂	0,74***	1							
NO _x	0,93***	0,92***	1						
CO				1					
HCM	0,47***	0,42***	0,51***		1				
HCnM						1			
HCT	0,53***	0,46***	0,56***		0,92***	0,51***	1		
O ₃	-0,54***	-0,44***	-0,54***		-0,57***		-0,44***	1	
Rad slr								0,46***	1

Dado que las variables no cumplieron con el supuesto de normalidad, estas fueron transformadas a Log₁₀ a fin de ser tratadas como variables paramétricas.

*** Significativo con un nivel de probabilidad de 0,001.

Los casilleros en color gris corresponden a correlaciones con coeficientes < 0,4.

Dióxido de azufre (SO₂)

Con respecto al análisis de tendencias SO₂, la pendiente de la recta de regresión (Figura 16) estimada para el período de marzo-mayo 2016 (-0,0071 µg/m³/h), indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de SO₂ en aire (Tabla 5), y se observan picos horarios que fueron disminuyendo en frecuencia e intensidad en los 3 meses bajo estudio. Los picos máximos horarios registrados en este trimestre fueron marcadamente menores a los detectados en el mes de diciembre de 2015, aunque a partir del mes de enero, la tendencia de los valores de concentración fue similar (y no se detectaron excedencias de este contaminante).

Figura 16. Variación horaria en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

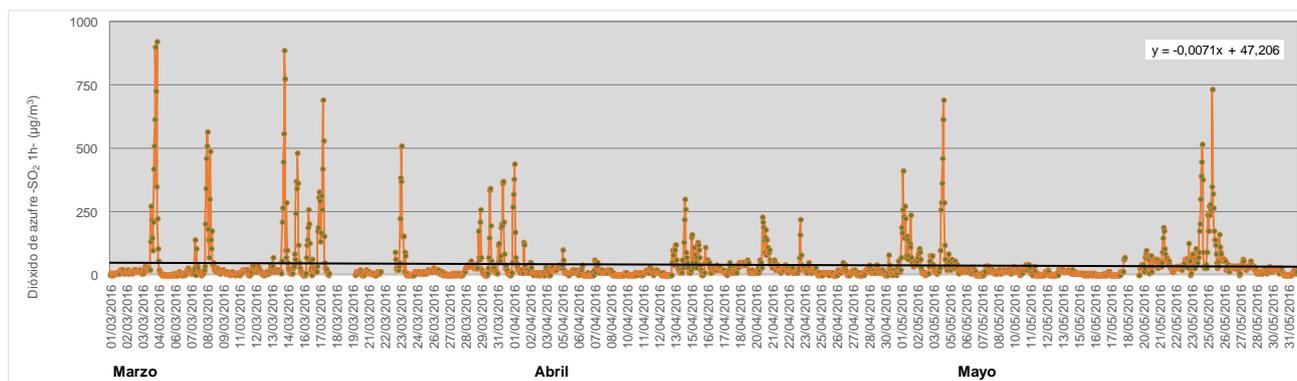


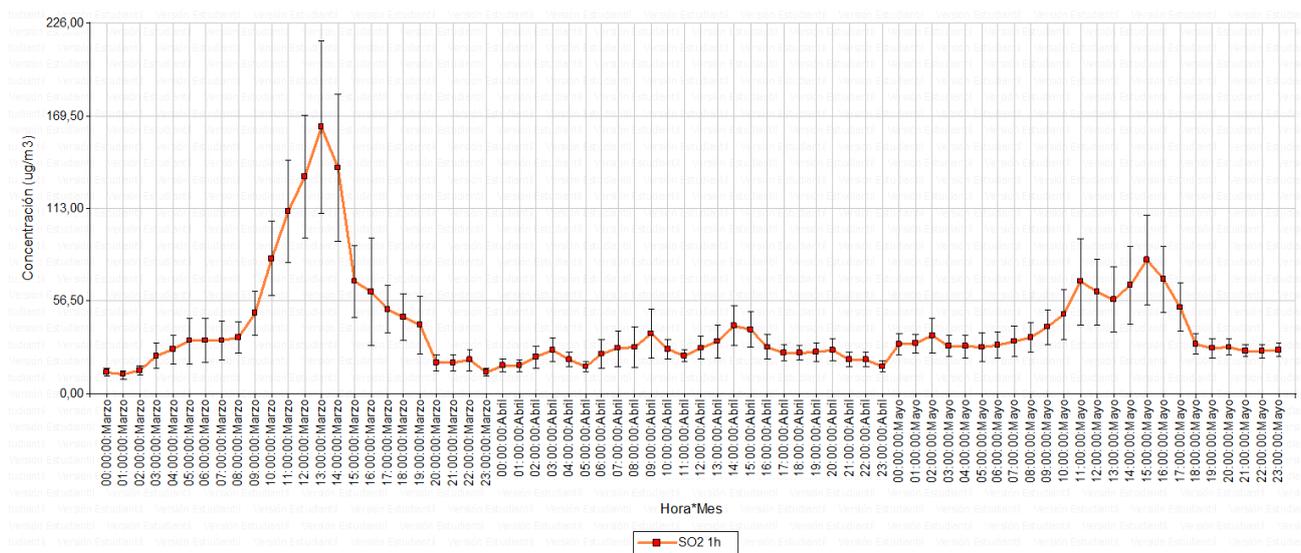
Tabla 5. Medidas resumen de los parámetros SO₂ (3 h y 24 h) para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
SO ₂ 3 h	Marzo	669	51,80	108,84	210,11	0,00	749,00	14,00	438,70
	Abril	720	25,77	38,28	148,55	0,00	380,00	16,70	140,00
	Mayo	713	41,41	70,64	170,61	0,00	590,30	21,00	298,70
SO ₂ 24 h	Marzo	624	49,43	60,29	121,97	0,29	254,33	17,21	242,08
	Abril	720	26,76	24,31	90,85	0,83	120,00	18,33	95,08
	Mayo	694	41,38	48,41	116,99	0,58	238,58	21,00	189,00

n: total de horas analizadas (medias móviles de 3 y 24 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

Además, en la Figura 17 se observa que en el mes de marzo se registraron valores pronunciados entre las 11 y las 14 h, mientras que ya para los meses de abril y mayo se observan menores valores.

Figura 17. Variación horaria y mensual (media ± error estándar) en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.



Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Con respecto al análisis de tendencias de H₂S, la pendiente de la recta de regresión (Figura 18) estimada para período de marzo-mayo (-0,0049 µg/m³/h), indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de H₂S en aire. En el gráfico también se puede apreciar picos horarios elevados para el mes de marzo que fueron mayores al trimestre anterior (Tabla 6).

Figura 18. Variación horaria en la concentración de H₂S medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

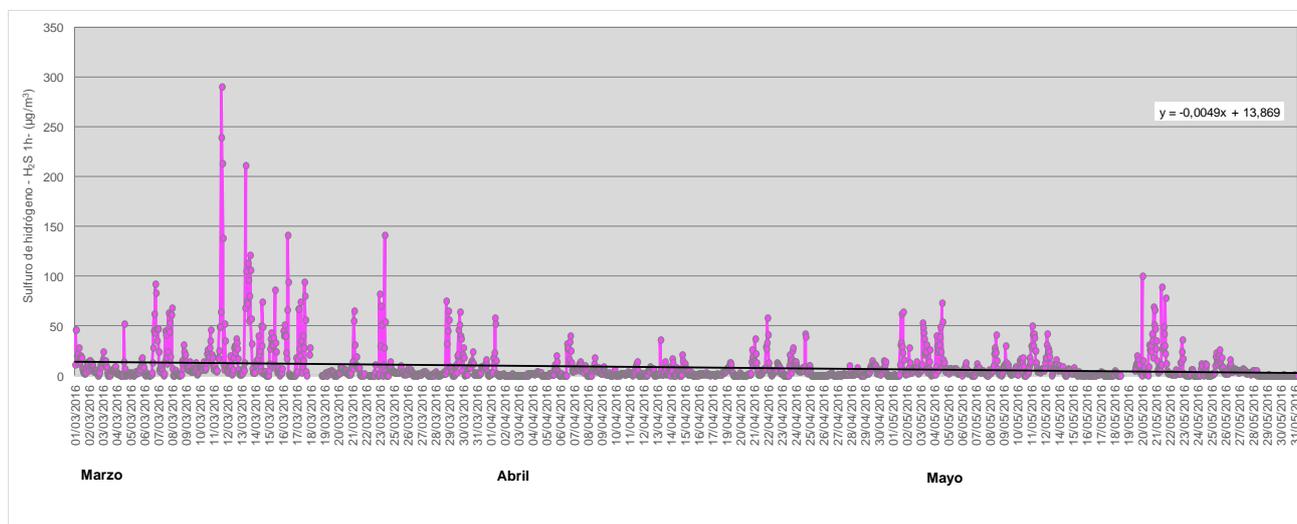


Tabla 6. Medidas resumen del parámetro H₂S (1 h) para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Variable	Mes	n	Medidas resumen						
			Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
H ₂ S 1 h	Marzo	704	14,2	27,0	190,0	0,0	290,0	5,0	92,0
	Abril	718	4,1	7,0	169,1	0,0	58,0	2,0	28,0
	Mayo	717	7,3	12,0	165,4	0,0	100,0	3,0	48,0

n: total de horas analizadas (medias de 1 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

Monóxido de carbono (CO)

Con respecto al análisis de tendencias CO, la pendiente de la recta de regresión (Figura 19) estimada para el período marzo-mayo 2016 (0,00005 mg/m³/h), indica una tendencia prácticamente invariable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de CO en aire (Tabla 7).

Figura 19. Variación horaria en la concentración de CO medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

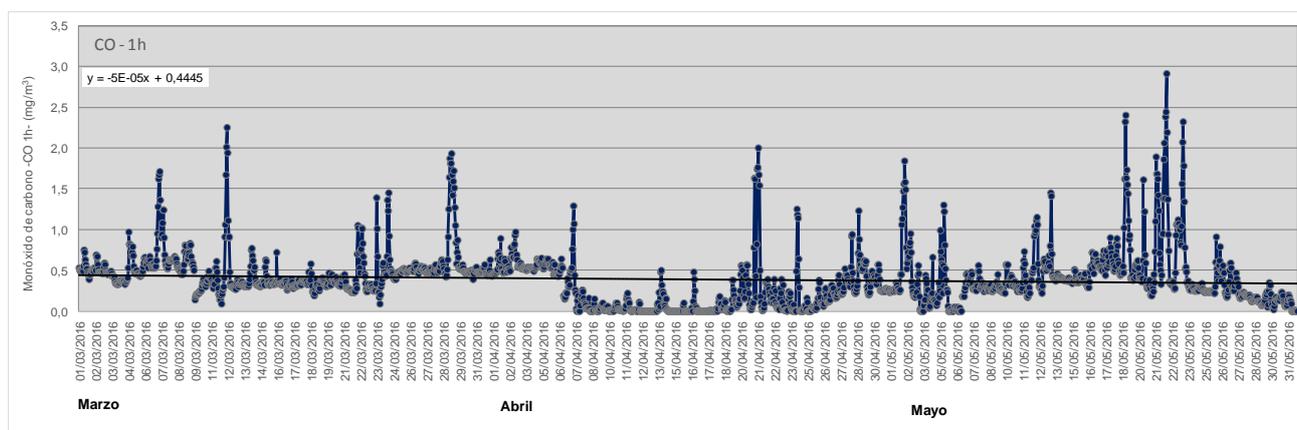


Figura 20. Variación diaria y mensual (media ± error estándar) en la concentración de CO medido en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

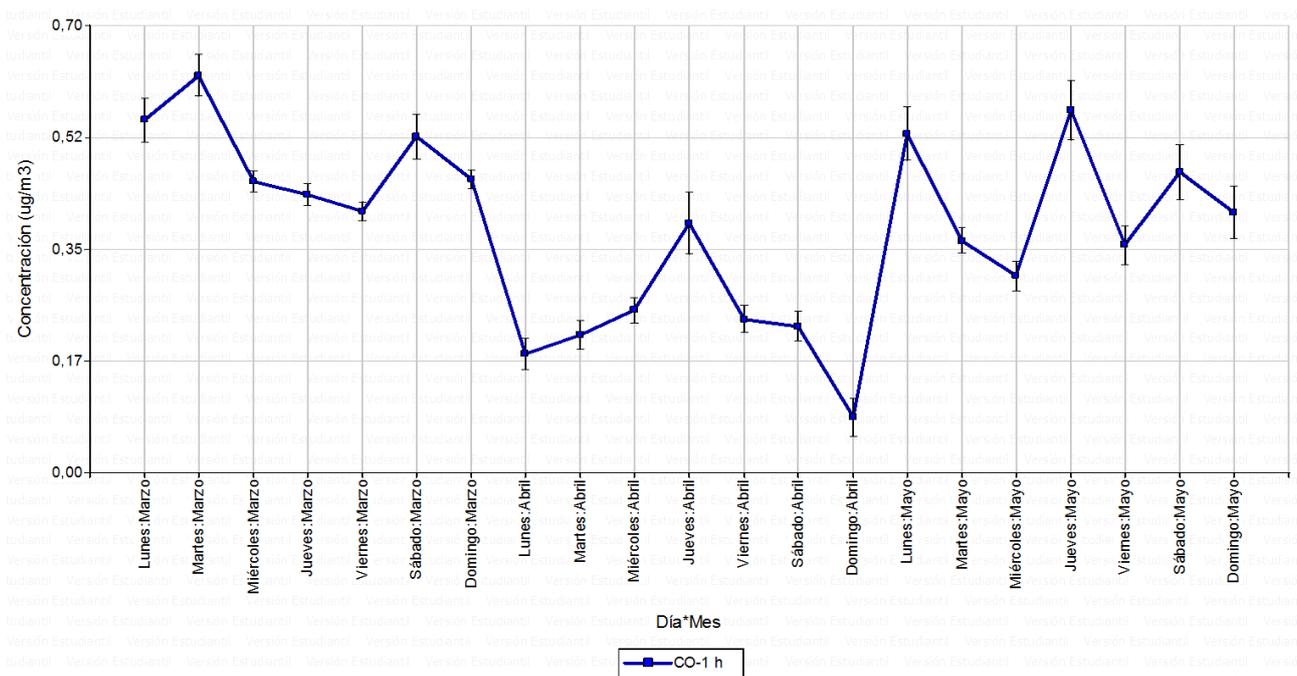


Tabla 7. Medidas resumen del parámetro CO (1 y 8 h) período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
CO 1 h	Marzo	743	0,50	0,27	54,10	0,09	2,25	0,46	1,59
	Abril	695	0,23	0,29	122,41	0,00	2,00	0,12	1,00
	Mayo	742	0,43	0,39	90,06	0,00	2,91	0,33	1,68
CO 8 h	Marzo	744	0,50	0,23	45,93	0,18	1,73	0,47	1,30
	Abril	696	0,23	0,24	103,15	0,00	1,28	0,15	0,75
	Mayo	744	0,43	0,33	76,26	0,00	2,08	0,36	1,46

n: total de horas analizadas (medias móviles de 1 y 8 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

Material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})

Con respecto al análisis de tendencias de PM₁₀ y PM_{2.5}, las pendientes de las rectas de regresión (Figuras 21 y 22) estimadas para el período marzo-mayo 2016 ($-0,0009 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ para PM₁₀ y $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ para PM_{2.5}), indican una tendencia poco variable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de PM en aire, registrándose picos horarios ocasionales a lo largo del trimestre.

Figura 21. Variación horaria en la concentración de PM₁₀ medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

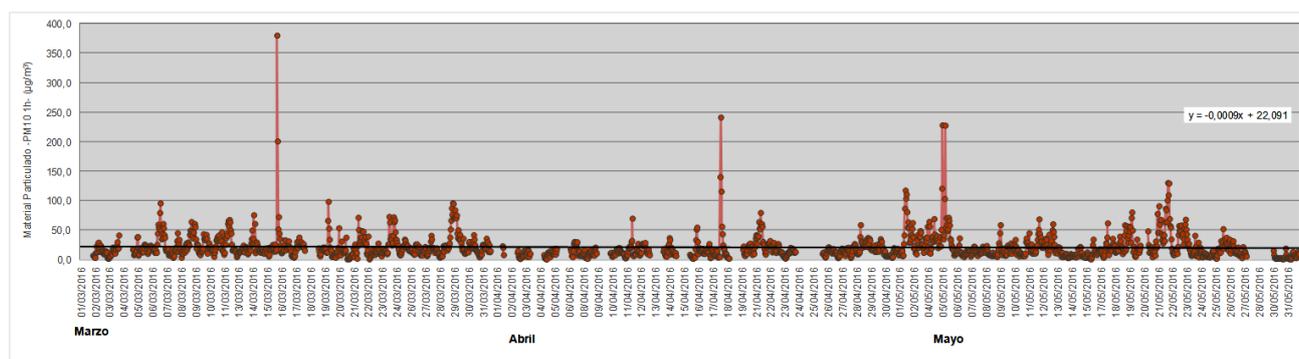
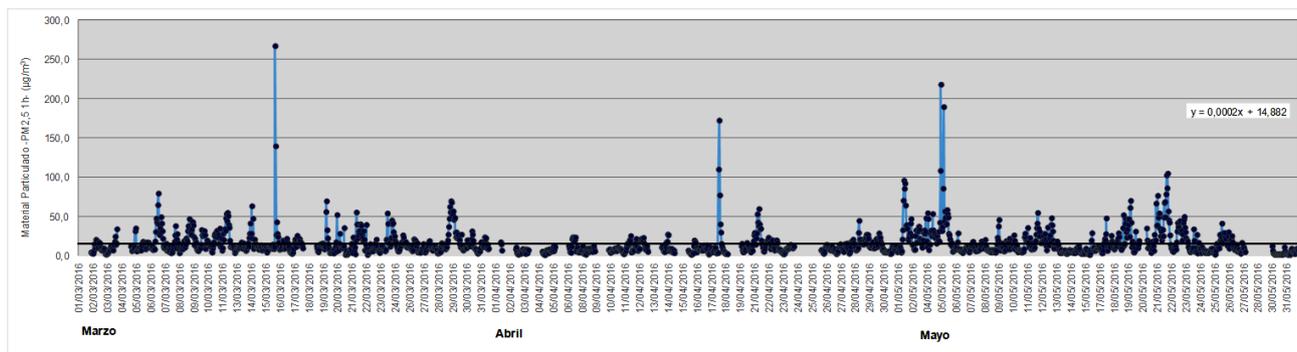


Figura 22. Variación horaria en la concentración de PM_{2.5} medida en la EMC para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Los valores de concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el período marzo-mayo 2016 (Figura 23, Tabla 8) exhiben una relación promedio PM_{2.5}/PM₁₀ del período de $0,70 \pm 0,10$.

Figura 23. Variación diaria en la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

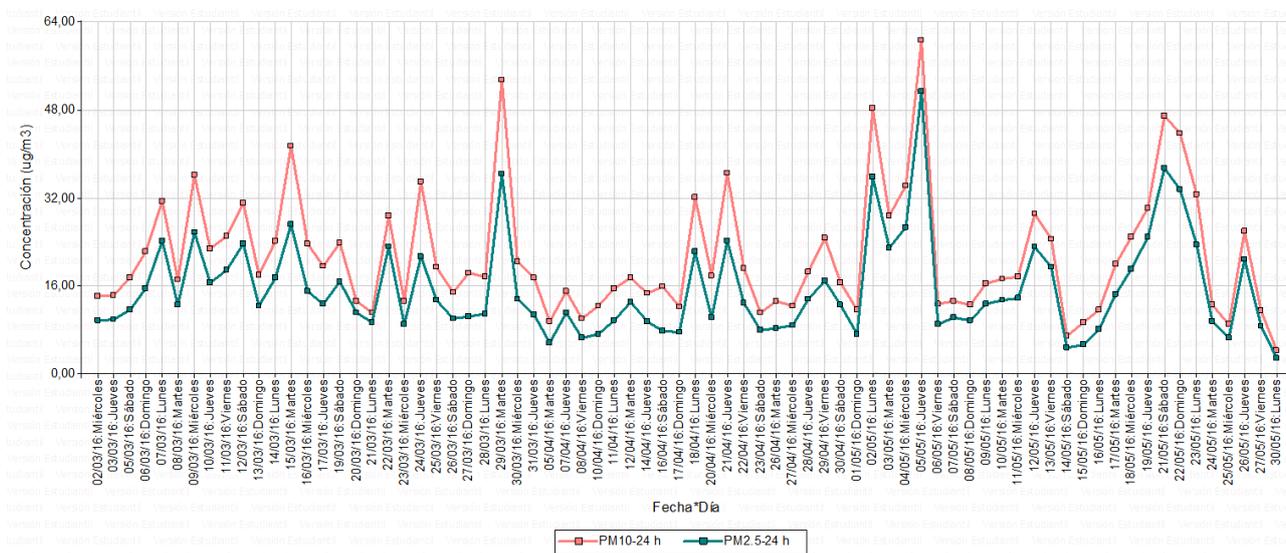


Tabla 8. Medidas resumen de los parámetros PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) período marzo-mayo 2016. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
PM ₁₀ 24 h	Marzo	28	23,02	9,64	41,88	11,18	53,36	20,02	53,36
	Abril	19	17,09	7,08	41,45	9,59	36,42	15,51	36,42
	Mayo	27	22,83	14,33	62,76	4,24	60,69	17,66	60,69
PM _{2.5} 24 h	Marzo	28	16,04	6,76	42,13	8,93	36,38	13,42	36,38
	Abril	19	11,34	5,07	44,72	5,56	24,15	9,67	24,15
	Mayo	27	17,59	11,80	67,07	2,89	51,39	13,80	51,39

n: total de horas analizadas (medias de 24 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

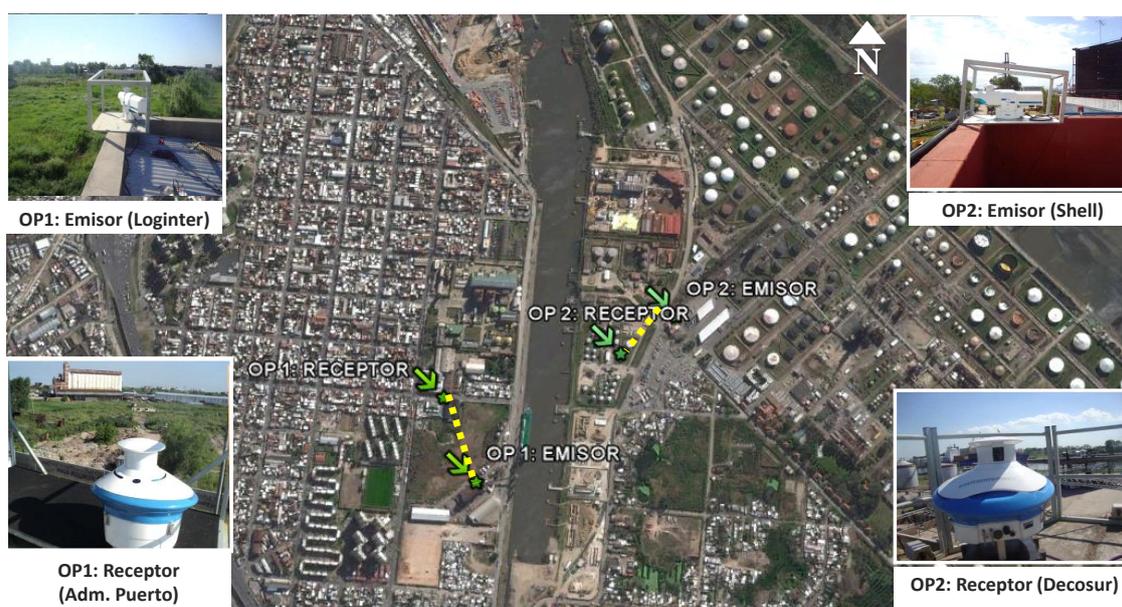
1.2. MONITOREO CONTINUO MEDIANTE EL SISTEMA OPEN PATH EN DOCK SUD

La tecnología Open Path se basa en la determinación mediante el principio de medición UV-Visible de contaminantes específicos en forma continua, a través de un paso óptico logrado por el distanciamiento del emisor y el receptor.

Los equipos están instalados en el área de Dock Sud en las siguientes ubicaciones (Figura 24):

- equipo Open Path 1 que posee un paso óptico con las siguientes coordenadas, emisor: 34°39'27.84"S; 58°20'30.93"O y receptor: 34°39'20.54"S; 58°20'35.11"O y
- equipo Open Path 2 posee un paso óptico con las siguientes coordenadas geográficas, emisor: 34°39'12.03"S; 58°20'10.84"O y receptor: 34°39'15.72"S; 58°20'16.57"O.

Figura 24. Ubicación de los sistemas Open Path en Dock Sud.



Los parámetros medidos en ambos equipos son (en negrita se especifican los métodos de medición):

- Benceno (C_6H_6),
- Tolueno ($C_6H_5CH_3$) y
- Xilenos ($C_6H_4(CH_3)_2$): m-xileno y p-xileno.

Medidos por **Espectrometría de Absorción Óptica Diferencial, UV-Visible, conforme a la metodología EPA TO16.**

Paralelamente se miden variables meteorológicas:

- Viento: dirección e intensidad
- Humedad Relativa Ambiente
- Presión Atmosférica
- Temperatura
- Radiación Solar Incidente
- Precipitaciones

1.2.1. RESULTADOS DE PARÁMETROS MEDIDOS CON LOS EQUIPOS OPEN PATH PARA EL PERÍODO MARZO-MAYO 2016.

A continuación se presenta el análisis de los resultados de los parámetros en estudio medidos por los Open Path correspondientes al período marzo-mayo 2016.

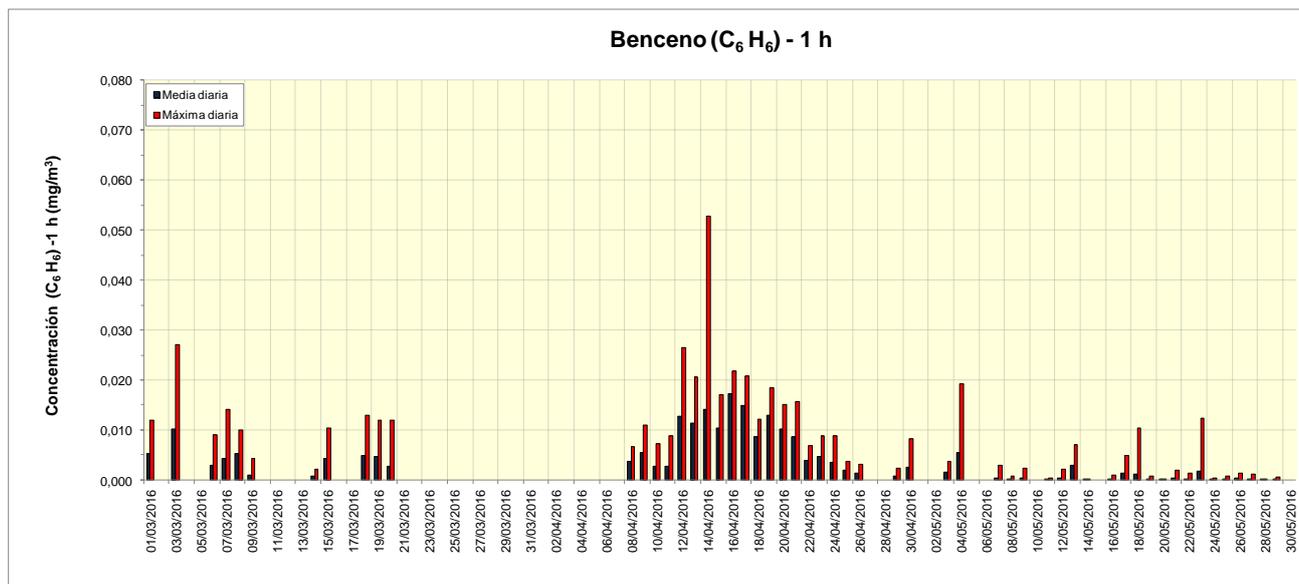
Open Path 1

Los resultados parciales presentados en este trimestre se deben a las siguientes causas:

- Defecto de los analizadores y ejecución de tareas de mantenimiento correctivo.
- Cortes de energía eléctrica los días 21 a 30 de marzo; 27 y 28 de abril; 1, 2 y 10 de mayo, que afectaron a los predios de Loginter y Administración de Puertos.

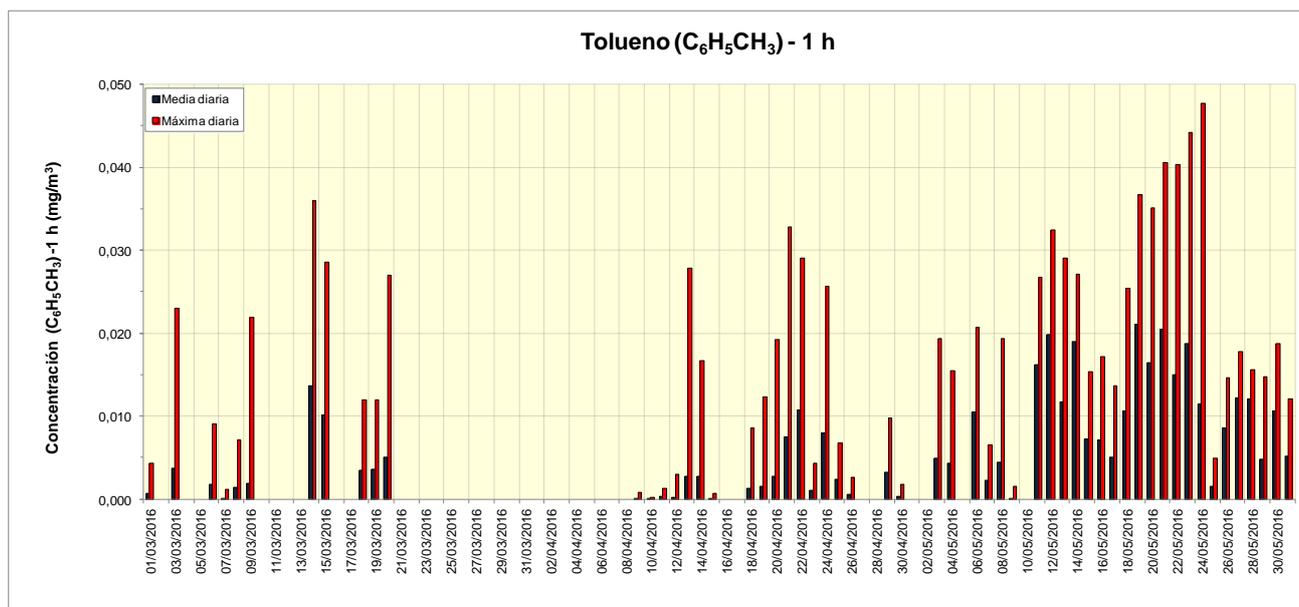
Benceno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro Benceno (1 h) fue $0,0035 \pm 0,0052$ mg/m³. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue 0,0042 mg/m³; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue 0,0071 mg/m³ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue 0,0007 mg/m³ (Figura 25).

Figura 25. Valores de concentración medios y máximos diarios de benceno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



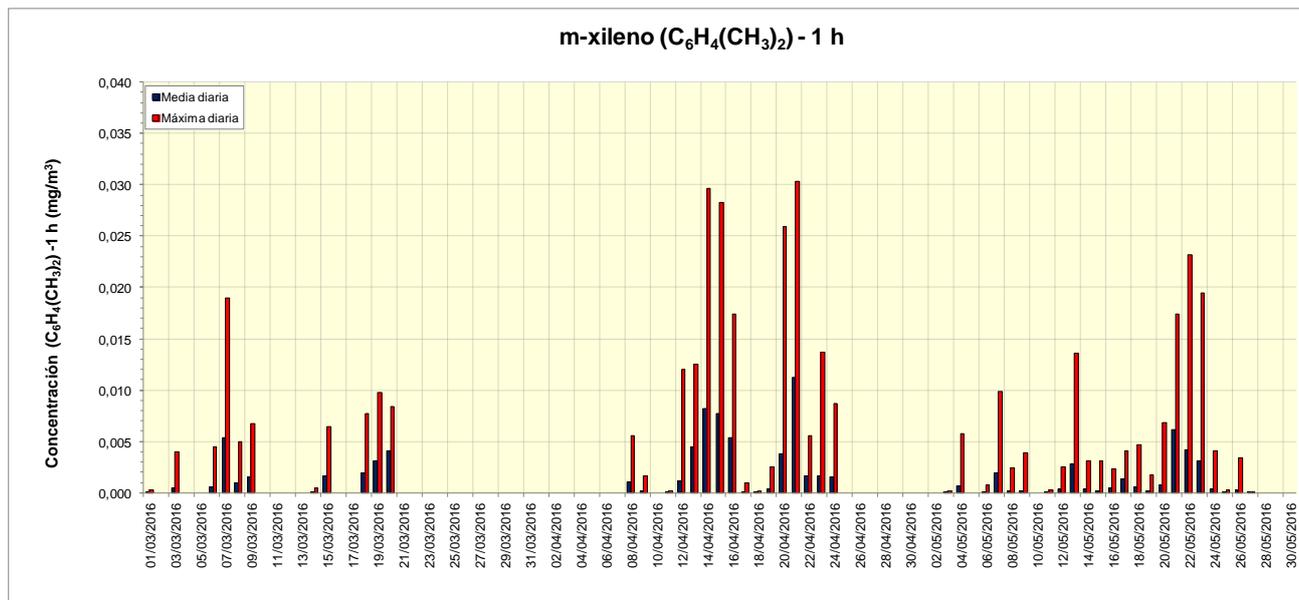
Tolueno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro Tolueno (1 h) fue $0,0063 \pm 0,0086 \text{ mg}/\text{m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0042 \text{ mg}/\text{m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0022 \text{ mg}/\text{m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0101 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 26).

Figura 26. Valores de concentración medios y máximos diarios de tolueno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



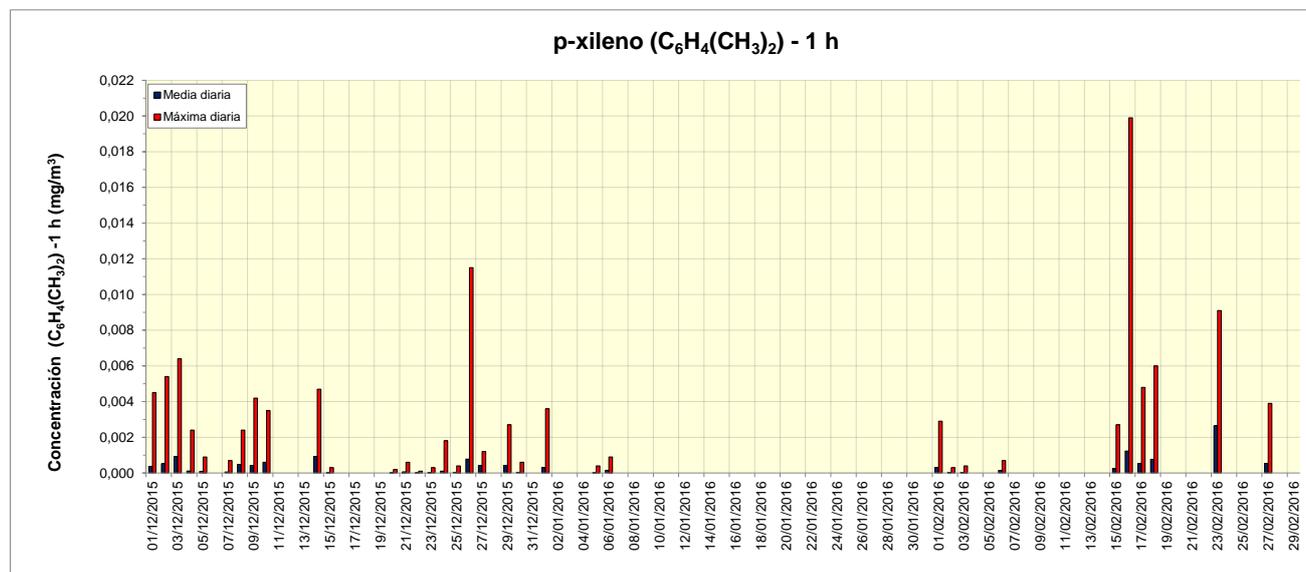
m-Xileno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro m-Xileno (1 h) fue $0,0016 \pm 0,0039 \text{ mg/m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0019 \text{ mg/m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0022 \text{ mg/m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0010 \text{ mg/m}^3$ (Figura 27).

Figura 27. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-Xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



p-Xileno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro p-Xileno (1 h) fue $0,0020 \pm 0,0010 \text{ mg/m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0003 \text{ mg/m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0004 \text{ mg/m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0004 \text{ mg/m}^3$ (Figura 28).

Figura 28. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-Xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



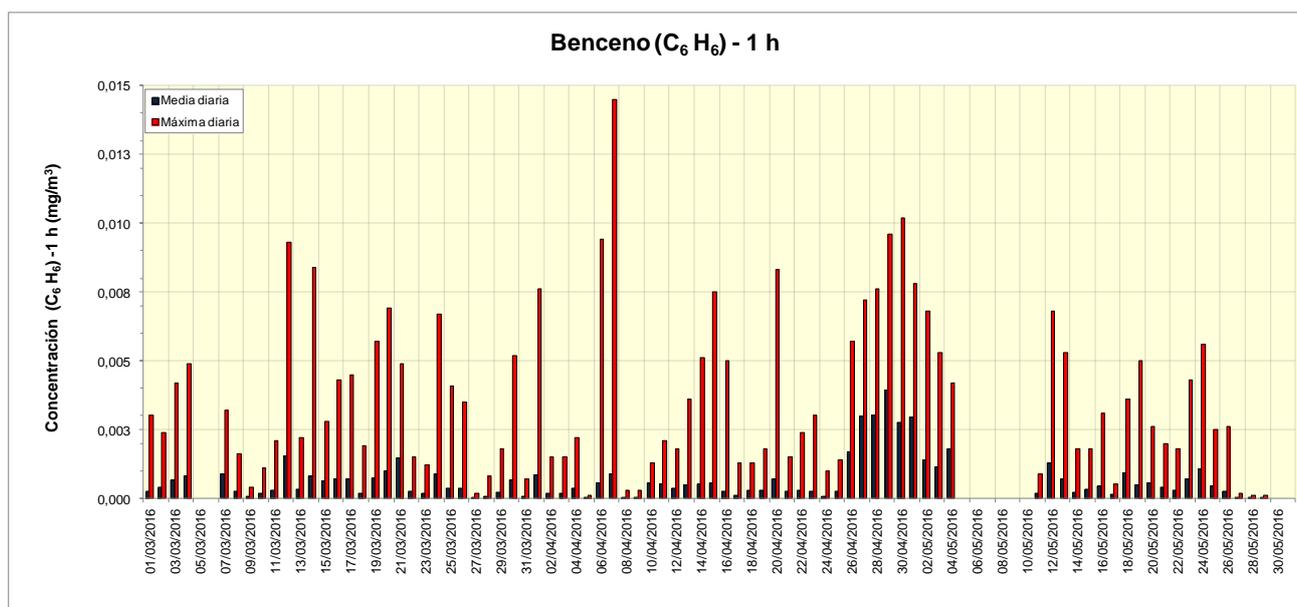
Open Path 2

Los resultados parciales presentados en este trimestre se deben a las siguientes causas:

- Falla de conexión, el día 05 de marzo.
- Corte de energía, los días 05 de marzo y 4 a 10 de mayo, que afectaron a la firma Decosur.

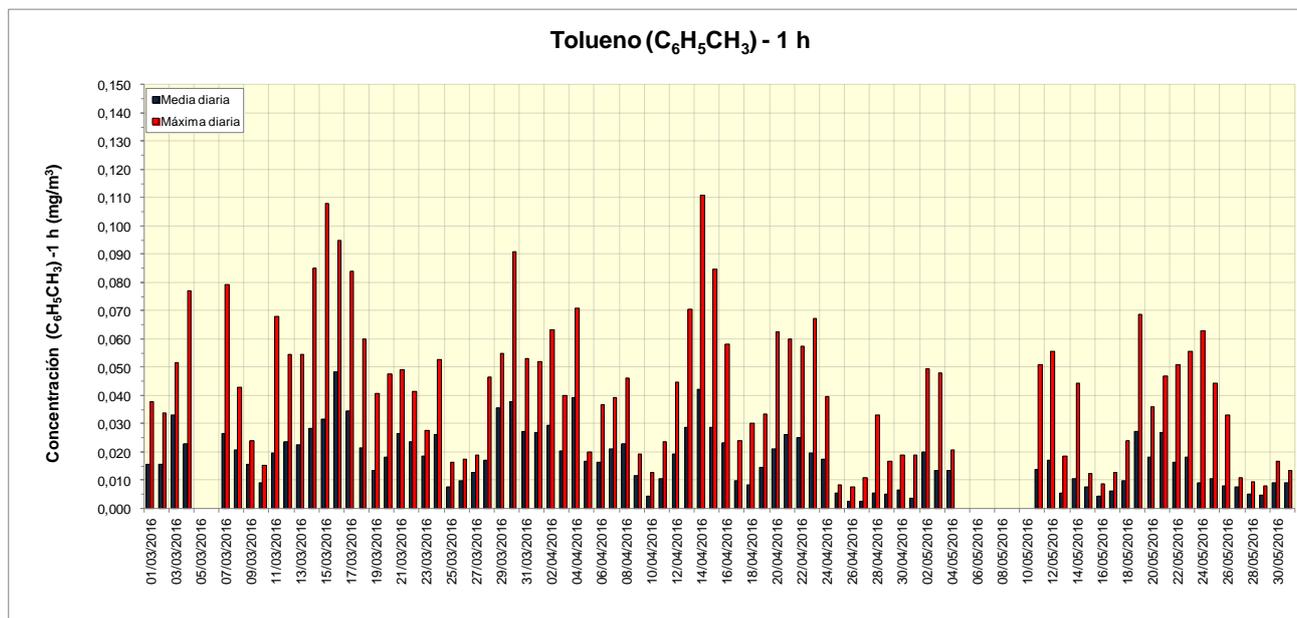
Benceno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro Benceno (1 h) fue $0,0006 \pm 0,0014 \text{ mg/m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0005 \text{ mg/m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0008 \text{ mg/m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0006 \text{ mg/m}^3$ (Figura 29).

Figura 29. Valores de concentración medios y máximos diarios de benceno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



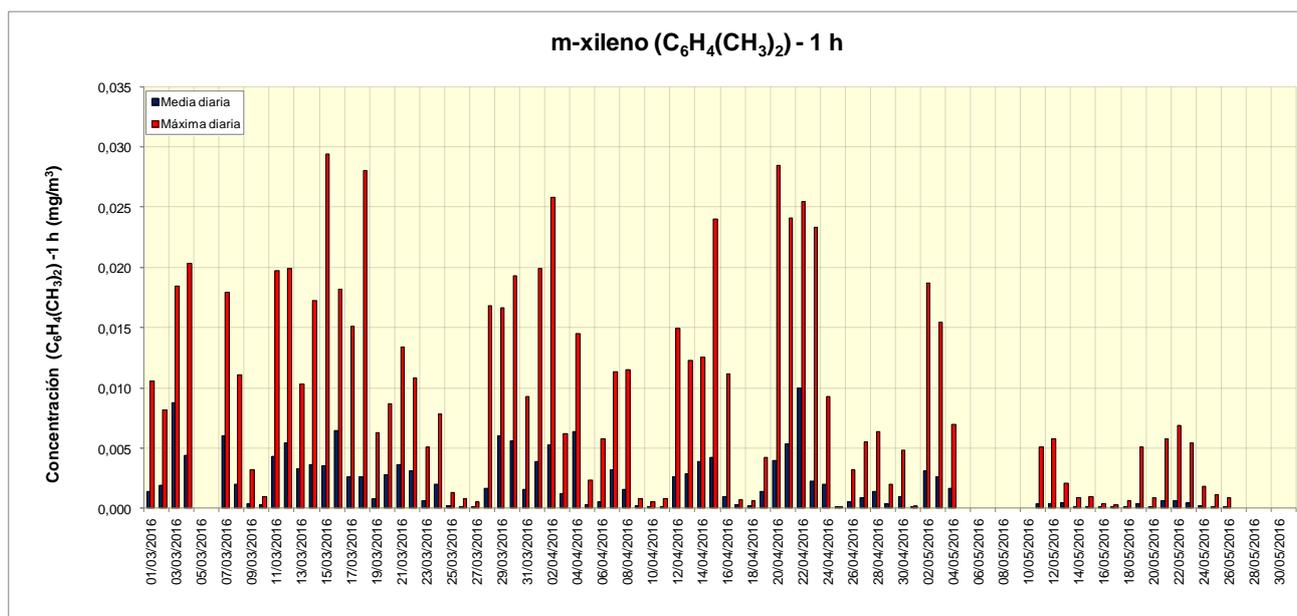
Tolueno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro Tolueno (1 h) fue $0,0177 \pm 0,0150 \text{ mg/m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0226 \text{ mg/m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0177 \text{ mg/m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0117 \text{ mg/m}^3$ (Figura 30).

Figura 30. Valores de concentración medios y máximos diarios de tolueno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



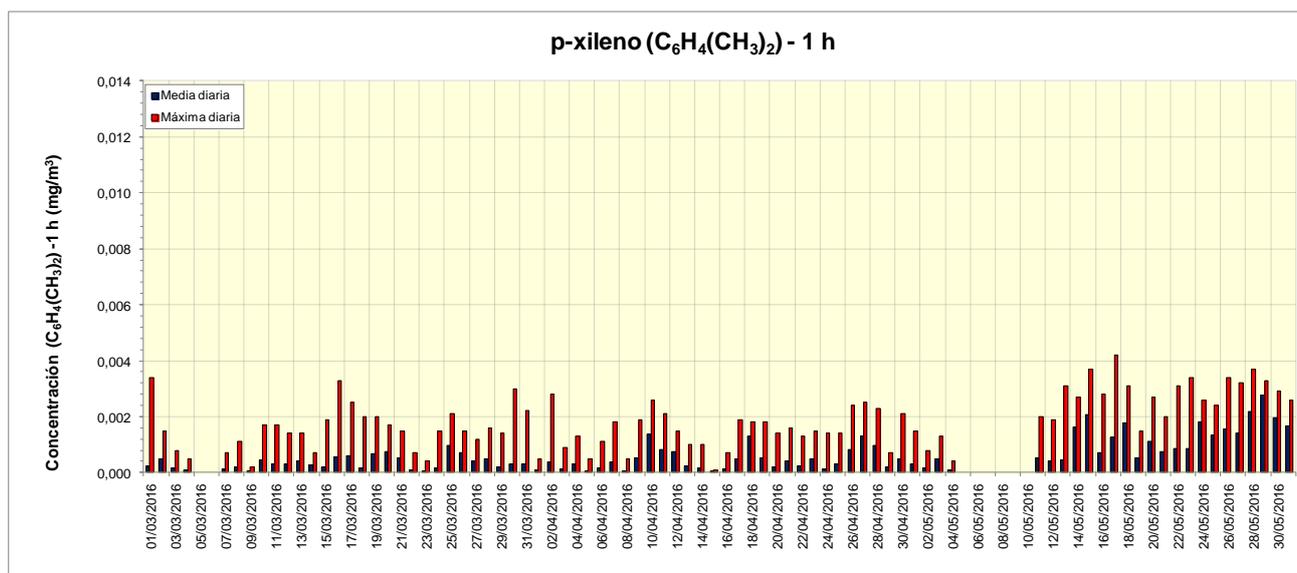
m-Xileno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro m-Xileno (1 h) fue $0,0019 \pm 0,0041 \text{ mg}/\text{m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0029 \text{ mg}/\text{m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0022 \text{ mg}/\text{m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0004 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Figura 31).

Figura 31. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-Xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



p-Xileno (1 h): el valor medio del trimestre para el parámetro p-Xileno (1 h) fue $0,0006 \pm 0,0008 \text{ mg/m}^3$. Para el mes de **Marzo**, el valor medio mensual fue $0,0004 \text{ mg/m}^3$; para el mes de **Abril**, el valor medio mensual fue $0,0004 \text{ mg/m}^3$ y para el mes de **Mayo**, el valor medio mensual fue $0,0012 \text{ mg/m}^3$ (Figura 32).

Figura 32. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-Xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período marzo-mayo 2016). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



1.2.2. ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DE BENCENO DETECTADA EN LOS OPEN PATHS 1 Y 2 Y LA EMC I EN DOCK SUD.

Considerando la importancia medioambiental de Benceno, a continuación se presenta un análisis específico de este contaminante, evaluando la tendencia actual del trimestre y a lo largo de los años 2012 - 2015.

Con respecto al trimestre bajo estudio, se observa que para el mes de abril, seguido del mes de marzo, los valores de concentración de benceno medidos en el sitio donde está ubicado el OP1 fueron mayores a aquellos registrados por el OP2 y la EMC I, mientras que para el mes de mayo, los valores de la EMC I superaron a los del OP1 y OP2 (Figuras 33 y 34). La rosa de contaminantes elaborada para benceno (Figura 35) indica que para las lecturas obtenidas en el OP 1, los valores de benceno más elevados provinieron de la dirección NW y NNW, zona urbana de elevada intensidad vehicular y del NE, donde se encuentra el Parque de Tanques de Dock Sud; para las lecturas obtenidas en la EMC I, los valores más elevados de benceno provinieron de la dirección NNE y NE, donde se encuentra el Parque de Tanques de Dock Sud; y para las lecturas obtenidas en el OP 2, los valores de benceno fueron bastante homogéneos entre varias direcciones de viento, no indicando una fuente precisa de emisión de este contaminante.

Figura 33. Variación horaria en la concentración de Benceno medida con los Open Path 1 y 2 y la EMC I para el período marzo-mayo 2016 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

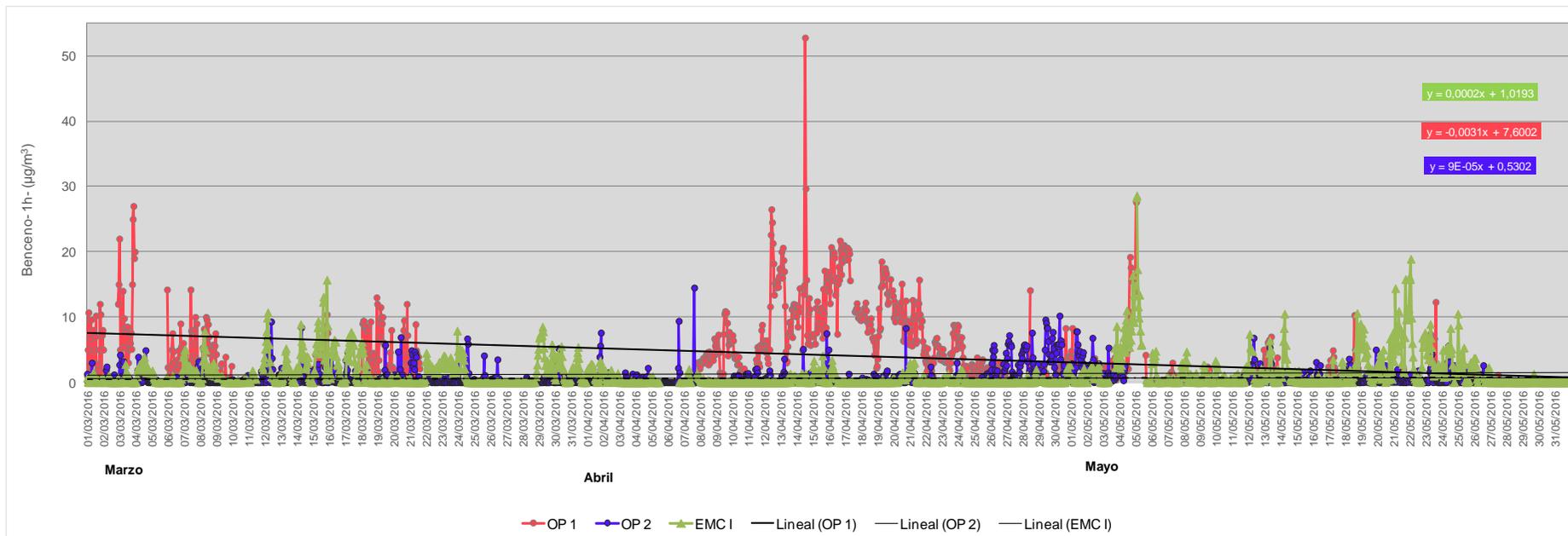


Figura 34. Valores de concentración (media \pm error estándar) de benceno- 1h ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) por hora medido en los equipos de Paso Abierto (OP1 y OP2) y la Estación de Monitoreo Continuo (EMC I) ubicados en Dock Sud (marzo-mayo 2016).

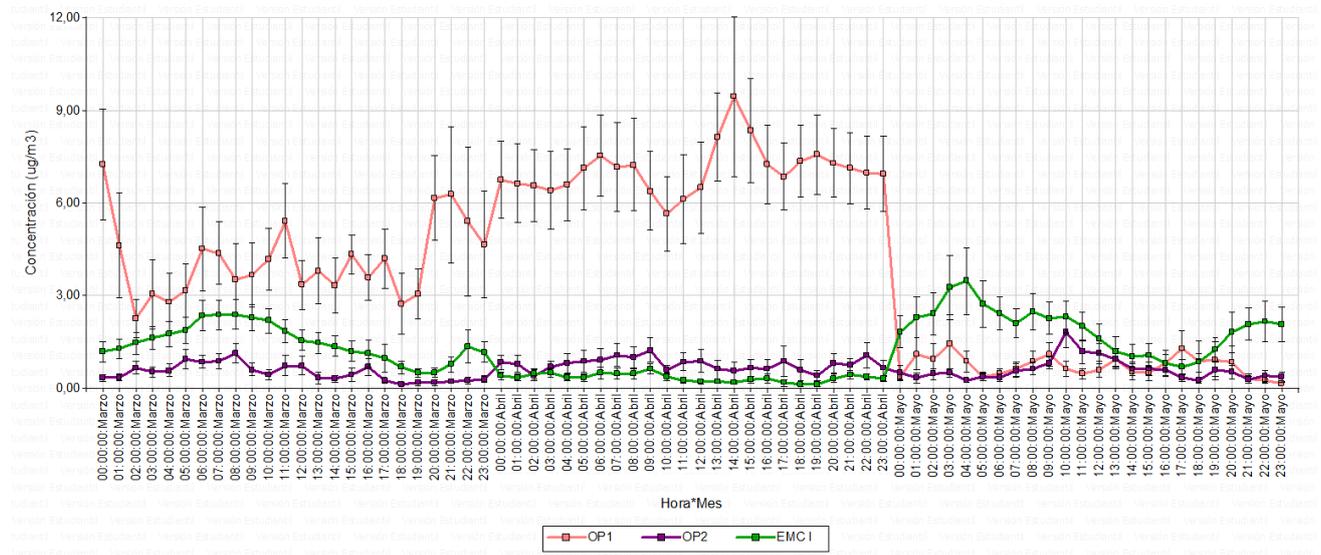
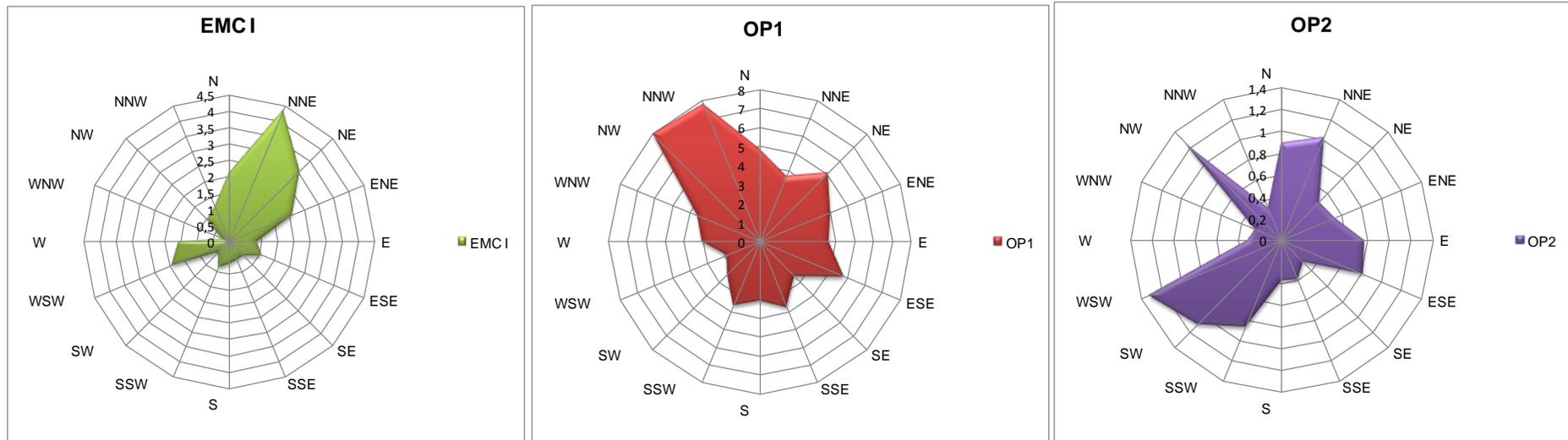


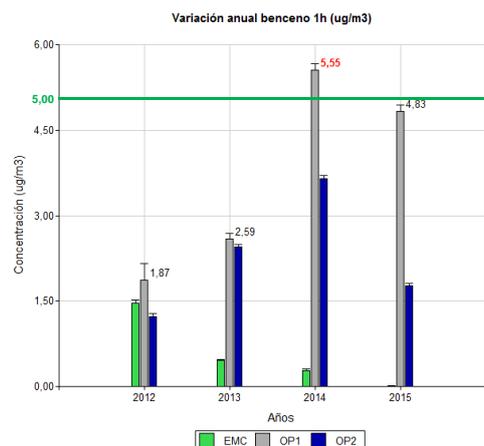
Figura 35. Rosa de contaminantes para Benceno medido en la EMC I, OP1 y OP2 en Dock Sud ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) en los meses de marzo-mayo 2016.



A continuación se presentan los valores de concentración de benceno medido con EMC I, el OP1 y OP2 para los años 2012 a 2015. En color rojo se identifican las medias anuales que están por encima del valor de $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, valor que estableció inicialmente la Unión Europea como estándar anual de reducción progresiva en la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Figura 36. Medidas resumen del parámetro Benceno (1 h) medido con la Estación de Monitoreo Continuo (EMC), el Open Path 1 (OP1) y el Open Path 2 (OP2) para los años 2012 - 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Benceno - 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
Año	Equipo	n	Media	D.E.	Min	Máx	Mediana	P(98)
2012	EMC	4629	1,46	3,82	0,00	56,60	0,00	13,40
2013		8679	0,46	1,41	0,00	32,50	0,00	4,84
2014		7626	0,28	1,42	0,00	27,50	0,00	4,30
2015		5571	0,01	0,17	0,00	5,90	0,00	0,00
2012	OP1	854	1,87	8,59	0,00	105,90	0,00	25,50
2013		3929	2,59	5,86	0,00	89,80	0,80	17,20
2014		5148	5,55	8,24	0,00	96,80	3,20	31,70
2015		5056	4,83	7,64	0,00	200,40	2,50	24,50
2012	OP2	862	1,22	1,98	0,00	12,70	0,30	7,50
2013		3855	2,45	3,11	0,00	24,80	1,30	11,30
2014		5940	3,65	3,88	0,00	119,53	2,80	12,70
2015		5778	1,77	3,02	0,00	85,00	0,90	9,00



Como puede observarse en la figura anterior, los valores de concentración de benceno, particularmente en el OP1, han mostrado un incremento significativo en los últimos dos años, superando en el año 2014 el valor de $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, mientras que para las mediciones realizadas en la EMC, los valores tienden a cero. Es importante destacar el hecho de que estas mediciones están determinadas no sólo por la proximidad y comportamiento de las fuentes, sino también por la meteorología, puntualmente la dirección de vientos.

2. MONITOREO DISCONTINUO Y MANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE

2.1. RESULTADO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN LOS SITIOS DE MONITOREO PARA EL PERÍODO MARZO-MAYO 2016

Durante las campañas de monitoreo puntual, se monitorearon los siguientes contaminantes:

- Dióxido de azufre en un lapso de 3 horas y 24 horas.
- Mercaptanos: etilmercaptano, propilmercaptano y n- butilmercaptano en un lapso de 4 horas.
- Compuestos Orgánicos Volátiles: benceno, tolueno, m/p-xileno y o-xileno en un lapso de 40 minutos.



- Metales: cromo, plomo, cadmio, níquel y vanadio sobre Material Particulado inferior a 10 μm a lo largo de una jornada de 24 horas.
- Niebla Ácida: ácido sulfúrico y ácido nítrico sobre Material Particulado inferior a 2.5 μm a lo largo de una jornada de 24 horas.

Son de aplicación las siguientes normas para la medición y determinación de los compuestos antes mencionados:

- Dióxido de azufre: Código Federal de Regulaciones (CFR) **Título 40 parte 50. Apéndice A:** "*Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method)*" por **espectrofotometría** (procedimiento presentado en detalle en ASTM D 2914).
- Mercaptanos: NIOSH 2542, por **Cromatografía Gaseosa con Detector Fotométrico de Llama (GC-FPD)**.
- Compuestos Orgánicos Volátiles (BTX discriminados): **Metodología EPA TO-17:** "*Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes*", por **Cromatografía Gaseosa acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS) con Desorción Térmica**.
- Material Particulado PM_{10} : Muestreador de Referencia PM_{10} RFPS-1298-125. Código Federal de Regulaciones (CFR) **Título 40 Parte 50 Apéndice J:** "*Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM_{10} in the Atmosphere*".
- Metales: **Metodología EPA IO 3.1/3.2** "*Selection, Preparation and Extraction of Filter Material*"; "*Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Atomic Absorption (AA) Spectroscopy*" por **Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)** sobre Material Particulado menor a 10 μm .
- Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$: Muestreador de Referencia $\text{PM}_{2.5}$ RFPS-0498-116. Código Federal de Regulaciones (CFR) **Título 40 Parte 50 Apéndice L:** "*Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as $\text{PM}_{2.5}$ in the Atmosphere*".
- Niebla Ácida: Debido al estado de la técnica en los desarrollos locales, este parámetro se cuantifica mediante el análisis de los siguientes analitos: ácido sulfúrico y ácido nítrico. **EPA IO 4.2:** "*Determination of reactive acidic and basic gases and strong acidity of atmospheric fine particles (<2.5 μm)*".

Se monitoreó en los siguientes sitios (Figura 37):

- En **Almirante Brown** se monitoreó en el predio de la firma Mecanizados Pesados Salta ubicado en la Avenida José Ingenieros N° 1795, Sector Industrial Planificado-SIPAB (S: 34°50'37.89" y O: 58°25'42.60") durante los días 07, 08 y 17 de marzo; 09, 14 y 18 de mayo.
- En **Dock Sud** se monitoreó en el puesto central de Prefectura Naval Argentina (S: 34°38'37.36" y O: 58°20'17.56"), durante los días 01, 02 y 23 de marzo; 01, 07 y 14 de abril; 12 y 17 de mayo.



- En **Lanús Este**, el punto de monitoreo ha sido en el predio de la empresa Roca Argentina S.A. ubicada sobre el camino General Belgrano N° 2873 (S: 34° 42' 23.9" y O: 58° 21' 29.8"), siendo ejecutadas las tareas de medición los días 02 y 15 de marzo; 14 y 21 de abril; 05 y 19 de mayo.
- En **La Matanza**, a unos 30 metros del ingreso al Parque Industrial (S: 34° 52' 11.01" y O: 58° 40' 6.72"), en las fechas 05 y 16 de marzo; 10, 21 y 27 de abril; 02 y 04 de mayo.

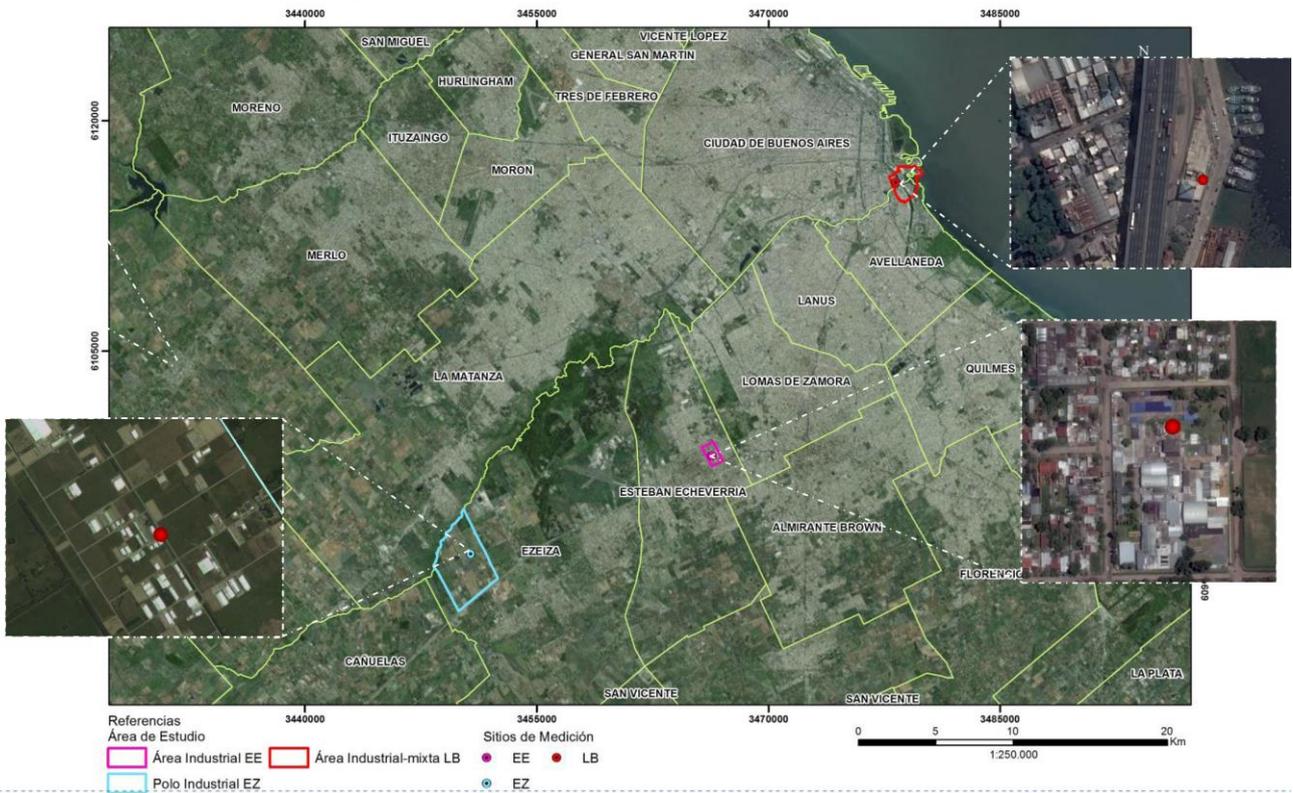
Figura 37. Ubicación de los 4 sitios de monitoreo de mediciones manuales.



Se monitoreó además en los siguientes sitios (Figura 38):

- En **Esteban Echeverría** la locación seleccionada para el monitoreo de la calidad del aire del Área Industrial de Esteban Echeverría se encuentra ubicada sobre la calle Luis de Sarro N° 501, donde se emplaza la empresa Syntex S.A. (S: 34°48'9.85" y O: 58°27'37.19"). Se monitoreó durante los días 10, 11 y 17 de marzo; 07 y 27 de abril; 10 de mayo.
- En **Ezeiza**, se monitoreó en el Polo Industrial Ezeiza (S: 34°52'26.54" y O: 58°37'15.68"). Se monitoreó durante los días 08, 12 y 17 de marzo; 05 y 17 de abril; 02, 06 y 19 de mayo.
- En **La Boca**, la locación seleccionada para el monitoreo de la calidad del aire, se encuentra ubicada sobre la Avenida Pedro de Mendoza N° 1.200, donde se emplaza el predio de Prefectura Naval Argentina (S: 34°38'1,48" y O: 58°21'10,96"). Se monitoreó durante los días 26 de abril; 17 de mayo.

Figura 38. Ubicación de los 3 sitios adicionales de monitoreo de mediciones manuales.



A continuación (Tabla 9) se presentan los resultados de las mediciones de dióxido de azufre, mercaptanos, metales pesados, niebla ácida, Compuestos Orgánicos Volátiles (BTX) y material particulado realizadas en las siete áreas de estudio.

Hubo ciertos parámetros para los cuales las mediciones se encontraron por debajo de los Límites de Cuantificación (LC). En el caso de aquellos parámetros para los cuales las mediciones se encontraron por encima del LC, se presenta gráficamente la dispersión de los datos en el tiempo (Figuras 39 y 40). Si bien la normativa de ACUMAR no contempla la regulación de estos contaminantes tóxicos en los períodos de medición, se compararán los resultados con normativa del ámbito provincial, nacional y/o internacional.



Tabla 9. Resumen general del monitoreo en las áreas de estudio: Almirante Brown, Dock Sud, Lanús Este, La Matanza, Ezeiza, Esteban Echeverría y La Boca para marzo-mayo de 2016.

Compuestos	Tiempo de muestreo	Frecuencia de muestreo	Unidad	Almirante Brown-SIPAB						Dock Sud						Lanús Este															
				Marzo de 2016			Mayo de 2016			Marzo de 2016		Abril de 2016		Mayo de 2016		Marzo de 2016		Abril de 2016		Mayo de 2016											
				1	8	17	9	14	18	1	2	23	1	7	14				2	15	14	21	5	19							
Sustancias Azufradas	Dióxido de Azufre 3 h	3 h	3 días al mes	ppm	<0,027					<0,027	<0,027				<0,027	<0,027				<0,027	<0,027				<0,027	<0,027					
	Dióxido de Azufre 24 h	24 h	1 día al mes	ppm		<0,027				<0,027					<0,027					<0,027	<0,027				<0,027	<0,027					
	Mercaptanos	Etil mercaptano	4 h	3 días al mes	ppm	<0,0004					<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				
		n-Propil mercaptano	4 h	3 días al mes	ppm	<0,0004					<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				
n- Butil mercaptano		4 h	3 días al mes	ppm	<0,0004					<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004				<0,0004	<0,0004					
Metales	Cromo	24 h	1 día al mes	mg/m ³		0,000015				0,000007					0,000016					0,000006					0,000007					0,000007	
	Plomo	24 h	1 día al mes	mg/m ³		<0,0005				<0,0005					<0,0005					<0,0005					<0,0005					<0,0005	
	Cadmio	24 h	1 día al mes	mg/m ³		0,0000021				0,0000009					0,0000004					0,0000001					0,0000005					0,0000017	
	Niquel	24 h	1 día al mes	mg/m ³		0,000006				<0,00001					<0,00001					<0,00001						0,00001					0,00001
	Vanadio	24 h	1 día al mes	mg/m ³		<0,0001				0,003					<0,0001					<0,0001						<0,0001					<0,0001
Niebla Ácida	Acido Sulfúrico	24 h	1 día al mes	mg/m ³		<0,001				<0,001					<0,001					<0,001					<0,001					<0,001	
	Acido Nítrico	24 h	1 día al mes	mg/m ³		<0,05				<0,05					<0,05					<0,05					<0,05					<0,05	
Material Particulado	PM 10	24 h	1 día al mes	mg/m ³		0,08				<0,05					0,53					<0,05					0,05					<0,05	
	PM 2.5	24 h	1 día al mes	mg/m ³		<0,025				<0,025					<0,025					<0,025					<0,025					0,038	
	Coarse	24 h	1 día al mes	mg/m ³		---				---					---					---					---					0,02	
Compuestos Orgánicos Volátiles	Benceno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010				*[1]				<0,0010	<0,0010	0,0305			0,0118					*[1]					0,0067		
	Tolueno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010		<0,0010		*				<0,0010	<0,0010	<0,0010			0,0184					*					<0,0010		
	m,p-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0020		*		*				<0,0020	<0,0020	0,0133			0,0104					*					0,0068		
	o-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010		*		*				<0,0010	<0,0010	0,0038			0,0032					*					0,0022		

(PM inferior a 10 µm- superior a 2.5 µm); [1] Analito invalidado, ver Anexo II del respectivo Informe Mensual.

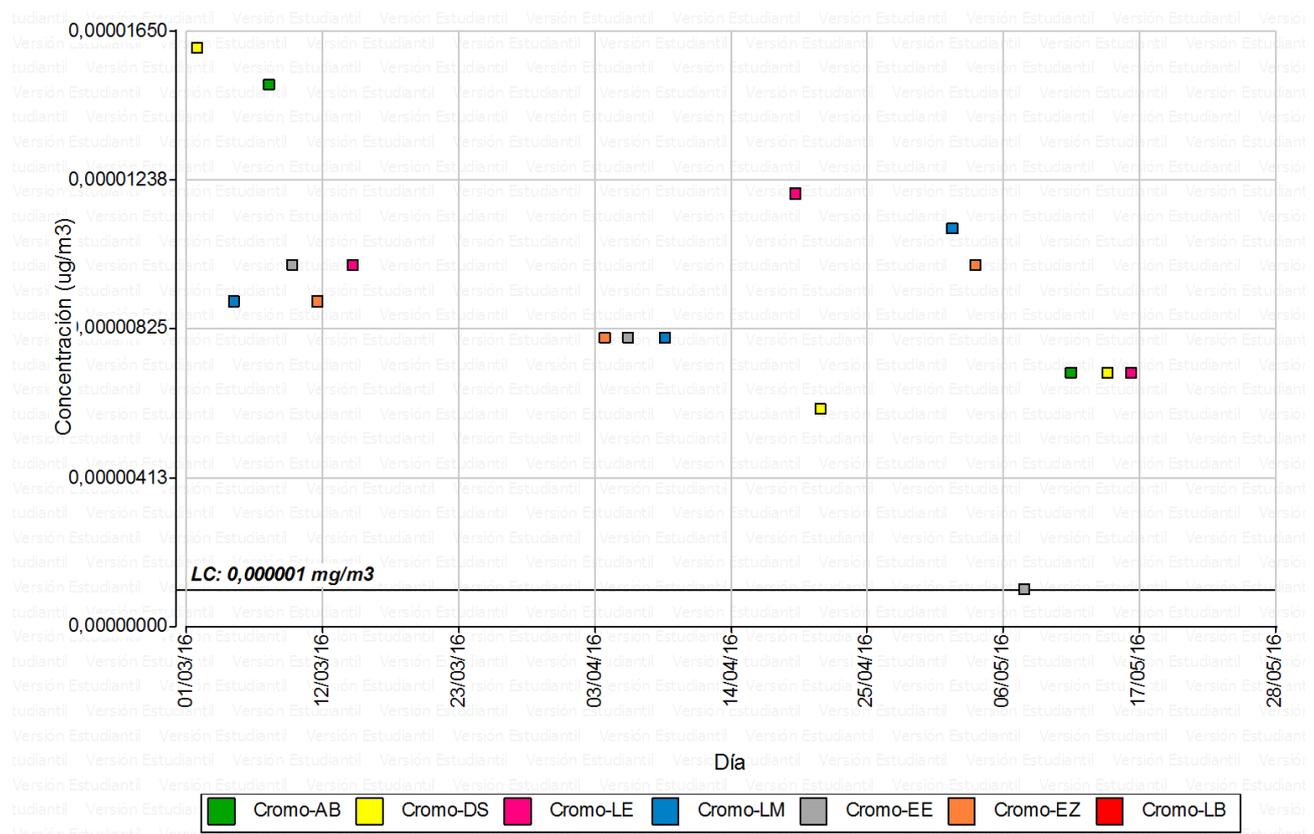
Tabla 15. Continuación

Compuestos	Tiempo de muestreo	Frecuencia de muestreo	Unidad	La Matanza						Esteban Echeverría						Ezeiza						La Boca			
				Marzo de 2016		Abril de 2016			Mayo de 2016		Marzo de 2016		Abril de 2016		Mayo de 2016		Marzo de 2016		Abril de 2016		Mayo de 2016		Abril de 2016	Mayo de 2016	
				5	16	10	21	27	2	4	10	11	17	7	27	10	8	12	17	5	17	2	6	19	26
Sustancias Azufradas	Dióxido de Azufre 3 h	3 h	3 días al mes	ppm		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027	<0,027	<0,027	<0,027
	Dióxido de Azufre 24 h	24 h	1 día al mes	ppm	<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027		<0,027	<0,027	<0,027
	Mercaptanos	Etil mercaptano	4 h	3 días al mes	ppm		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004	<0,0004	<0,0004
		n-Propil mercaptano	4 h	3 días al mes	ppm		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004	<0,0004	<0,0004
n-Butil mercaptano		4 h	3 días al mes	ppm		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004		<0,0004	<0,0004	<0,0004	
Metales	Cromo	24 h	1 día al mes	mg/m ³	0,000009		0,000008			0,000011	0,00001			0,000008		<0,000001		0,000009		0,000008			0,00001		
	Plomo	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,0005		<0,0005			<0,0005	<0,0005			<0,0005		<0,0005		<0,0005		<0,0005			<0,0005		
	Cadmio	24 h	1 día al mes	mg/m ³	0,0000004		<0,0000001			0,000002	0,0000004			0,0000012		<0,0000001		<0,0000001		<0,0000001			<0,0000001		
	Niquel	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,00001		<0,00001			<0,00001	<0,00001			<0,00001		<0,00001		<0,00001		<0,00001			<0,00001		
	Vanadio	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,0001		<0,0001			<0,0001	<0,0001			<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001			<0,0001		
Niebla Ácida	Acido Sulfúrico	24 h	1 día al mes	mg/m ³	0,001		<0,001			0,002	<0,001			<0,001		0,001		<0,001		<0,001			<0,001		
	Acido Nítrico	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,05		<0,05			<0,05	<0,05			<0,05		<0,05		<0,05		<0,05			<0,05		
Material Particulado	PM10	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,05		<0,05			0,1	<0,05			<0,05		<0,05		<0,05		<0,05			<0,05		
	PM2.5	24 h	1 día al mes	mg/m ³	<0,025		<0,025			0,055	<0,025			<0,025		<0,025		<0,025		<0,025			<0,025		
	Coarse	24 h	1 día al mes	mg/m ³	---		---			0,04	---			---		---		---		---			---		
Compuestos Orgánicos Volátiles	Benceno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010			<0,0010	*			<0,0010		<0,0010			<0,0010		<0,0010		[1]		<0,0010	0,001
	Tolueno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010		<0,0010	<0,0010				<0,0010		<0,0010			<0,0010		<0,0010		<0,0010		<0,0010	0,0143
	m,p-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0020		<0,0020	*				<0,0020		<0,0020			<0,0020		<0,0020		*		<0,0020	0,0031
	o-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³		<0,0010		<0,0010	*				<0,0010		<0,0010			<0,0010		<0,0010		*		<0,0010	0,0011

(PM inferior a 10 µm- superior a 2.5 µm); [1] Analito invalidado, ver Anexo II del respectivo Informe Mensual.

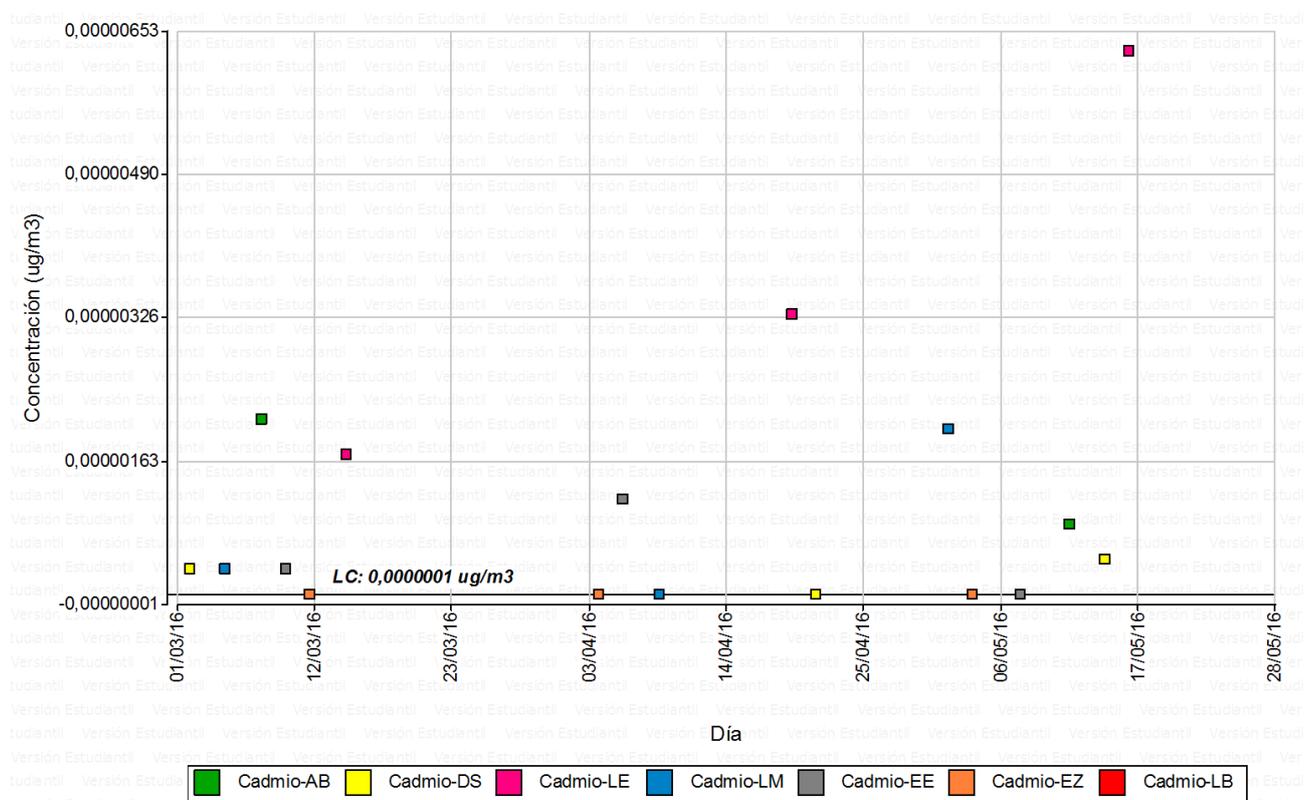
Con respecto a los valores de concentración de **Cr Total** (Figura 39), éstos estuvieron por encima del LC en todas las mediciones del período (excepto un día). Los valores de concentración fueron muy similares entre sí, hallándose en el rango de 0,001 – 0,016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, al determinarse Cr Total (suma de Cr (III) y Cr (VI)) no existen suficientes normativas actualizadas a nivel nacional y/o internacional para contrastar los valores, siendo el Cr (VI) el de mayor peligrosidad e interés ambiental; dado que al ser inhalado, este es considerado carcinogénico comprobable en humanos (OMS, 2000). La Res. N° 201/2004 de la provincia de Santa Fe en su Anexo I establece un valor de Cr Total en aire de 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, y las mediciones realizadas en los 4 sitios están muy por debajo de este estándar.

Figura 39. Concentración de Cr- 24 h (mg/m^3) medida en las seis áreas de estudio en los meses de marzo-mayo 2016. LC: Límite de Cuantificación.



Los valores de concentración de **Cd** (Figura 40), estuvieron por encima del LC en 11 mediciones efectuadas, hallándose en el rango de 0,0001 – 0,0063 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los valores máximos encontrados fueron similares a los medidos en el trimestre anterior (máximo 0,0058 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dos de las mediciones realizadas en LE fueron mayores o iguales al estándar establecido por el Gobierno de Ontario, Canadá (MOE, 2012) de 0,0025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas (0,0033 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0,0063 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que el resto de las mediciones estuvo por debajo de este valor.

Figura 40. Concentración de Cd- 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) medida en las seis áreas de estudio en los meses de marzo-mayo 2016. LC: Límite de Cuantificación.



REFERENCIAS

- Costabile, F., Allegrini, I. 2007. Measurements and Analyses of Nitrogen Oxides and Ozone in the Yard and on the Roof of a Street-canyon in Suzhou. *Atmospheric Environment*, 41: 6637–6647
- Gallego Picó, A., González Fernández, I., Sánchez Gimeno, B., Fernández Hernando, P., Garcinuño Martínez R.M., Bravo, J.C., Pradana, J.A., García Mayor, M.A., Durand Alegría, J.S. 2012. Contaminación Atmosférica. Edit. UNED. ISBN (13): 9788436264289.
- Han, S., Bian, H., Feng, Y., Liu, A., Li, X., Zeng, F., Zhang, X. 2011. Analysis of the Relationship between O₃, NO and NO₂ in Tianjin, China. *Aerosol and Air Quality Research*, 11: 128–139.
- Ministerio de Ambiente de Ontario (MOE). 2012. Ontario's Ambient Air Quality Criteria (AAQCs) - Standards Development Branch Ontario Ministry of the Environment. PIBS # 6570e01.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2000. Capítulo 6.4. Cromo. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- Pudasainee, D., Sapkota, B., Shrestha, M.L., Kaga, A., Kondo, A. and Inoue, Y. 2006. Ground Level Ozone Concentrations and Its Association with NO_x and Meteorological Parameters in Kathmandu Valley, Nepal. *Atmospheric Environment*, 40: 8081–8087.
- Sánchez, M.L., Torre, B.D., García, M.A. and Pérez, I. 2007. Ground-level Ozone and Ozone Vertical Profile Measurements Close to the Footfills of the Guadarrama Mountain Range (Spain). *Atmospheric Environment*, 41: 1302–1314.

FIN DEL DOCUMENTO
