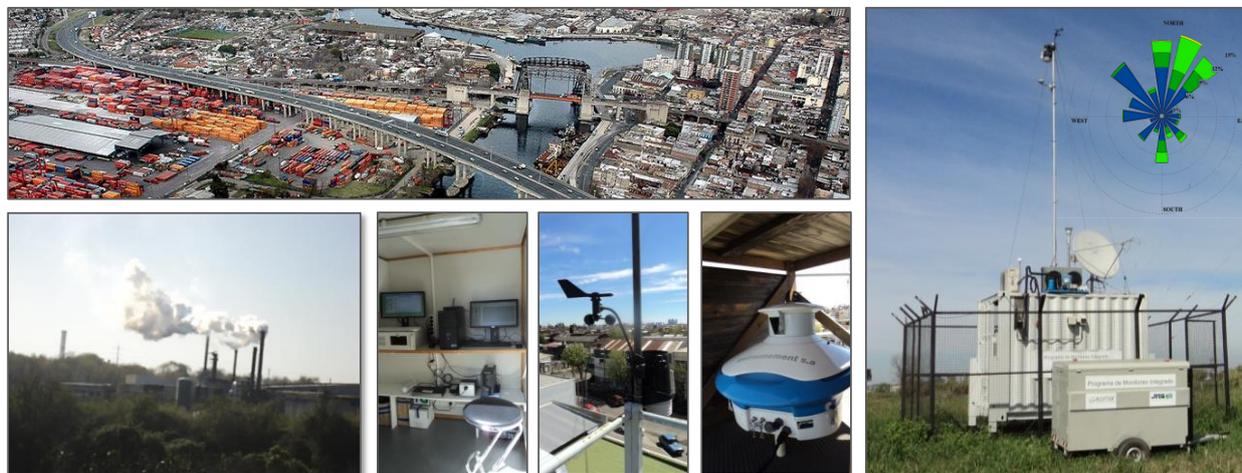


CUENCA MATANZA RIACHUELO

Monitoreo de Calidad de Aire

Informe Trimestral Septiembre – Noviembre de 2015

Análisis e Interpretación de Resultados



ACUMAR

AUTORIDAD DE CUENCA MATANZA RIACHUELO

**Dirección General Técnica
Coordinación de Calidad Ambiental**

Enero de 2016



Contenido

RESUMEN	1
ESTUDIO Y MONITOREO DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS EN LA CUENCA MATANZA-RIACHUELO	4
1. Monitoreo Continuo y automático de la calidad del aire	5
1.1. Resultado de parámetros medidos en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para período octubre-noviembre de 2015.....	5
1.1.1. Grado de Cumplimiento de la Res. ACUMAR N° 02/07 de Calidad de Aire	6
1.1.2. Análisis de tendencias y variabilidad horaria de Contaminantes medidos en la EMC	15
1.2. Monitoreo continuo mediante el sistema Open Path	27
1.2.1. Resultados de parámetros medidos con los equipos Open Path para el período octubre-noviembre de 2015. 29	
1.2.2. Análisis de tendencia en la concentración de benceno detectada en los Open Paths 1 y 2.	35
2. Análisis de excedencias de SO₂	40
2.1. Valores de Concentración de SO ₂ – cumplimiento de Resolución N° 02/07 de ACUMAR	41
2.1.1. Análisis de cumplimiento de Resolución N° 02/07 para SO ₂	42
2.1.2. Análisis de excedencias para el período bajo estudio (octubre-noviembre de 2015).....	44
2.1.3. Análisis de la meteorología en los días de excedencias.....	46
3. Monitoreo discontinuo y manual de la calidad del aire	50
3.1. Resultado de parámetros medidos en los sitios de monitoreo para el período octubre-noviembre de 2015	50
Referencias	62



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" (Expte. 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 **octubre – noviembre de 2015** correspondientes a Monitoreos Continuos de Contaminantes de Criterio en Dock Sud y su área de influencia y de Monitoreos Puntuales en 4 Partidos de la Cuenca. No se presentan resultados correspondientes al mes de septiembre debido a que la nueva licitación aún no se encontraba vigente.

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 4 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.
- (iv) Análisis de excedencias detectadas.

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 NOVIEMBRE 2015](#)



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) y material particulado PM₁₀ (24 h). Sin embargo, se han registrado excedencias para dióxido de azufre (3 y 24 h) en el mes de noviembre de 2015.

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 la totalidad de los mismos: 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 de análisis, el equipo analizador de benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno, y o-xileno se encontró bajo tareas de mantenimiento y puesta a punto, con lo cual no se presentan resultados.

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.

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 cuatro zonas de la Cuenca: Almirante Brown, Dock Sud, Lanús Este y La Matanza en los meses de octubre y noviembre.



A partir del registro de **excedencias en la concentración en aire de dióxido de azufre** para 3 y 24 h, se llevó adelante un análisis detallado de la meteorología y las fuentes emisoras de este contaminante, y se exponen las acciones llevadas a cabo para el control y la reducción de estos valores que exceden el límite establecido por la Resolución N° 02/07 de ACUMAR.

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 octubre y noviembre de 2015, 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. Por este motivo, no se presentan resultados correspondientes al mes de septiembre dado que la nueva licitación aún no se encontraba vigente.

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 septiembre - noviembre de 2015.

1. MONITOREO CONTINUO Y AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

1.1. RESULTADO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO CONTINUO EN DOCK SUD PARA PERÍODO OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2015

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 octubre a las 00:00 h hasta el 30 de noviembre de 2015 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.**
- Material particulado inferior a 10 µm (PM₁₀)- **Gravimetría no Destructiva - Atenuación de radiación Beta.**
- Material particulado inferior a 2,5 µm (PM_{2.5}) - **Gravimetría no Destructiva - Atenuación 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 ($C_6H_5CH_3$), etilbenceno ($C_6H_5CH_2CH_3$) y xilenos ($C_6H_4(CH_3)_2$): 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 octubre y noviembre de 2015.

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
Ploomo (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 (octubre-noviembre) 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) 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 bimestre fueron CO 1h: 0,57 ± 0,49 mg/m³ – CO 8h: 0,57 ± 0,47 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Octubre**: máximos diarios CO 1h: 0,80 mg/m³ – CO 8h: 0,77 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 1,61 mg/m³ – CO 8h: 1,55 mg/m³; **Noviembre**: máximos diarios CO 1h: 1,30 mg/m³ – CO 8h: 1,34 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 3,27 mg/m³ – CO 8h: 2,04 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 octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

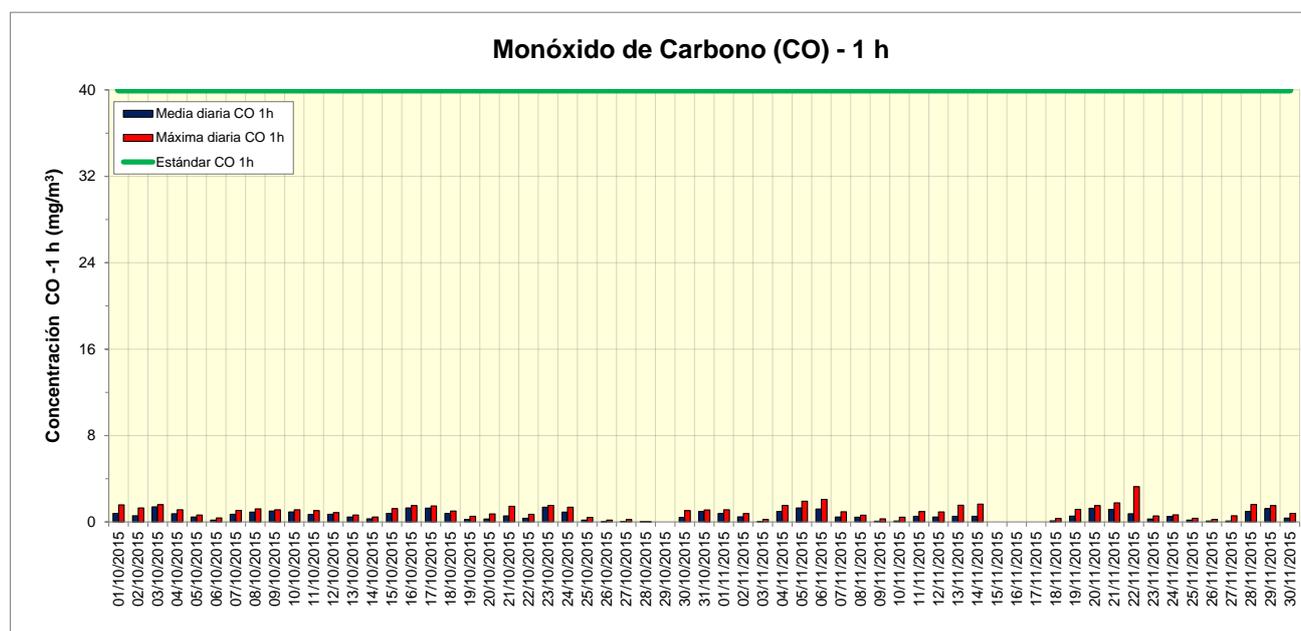
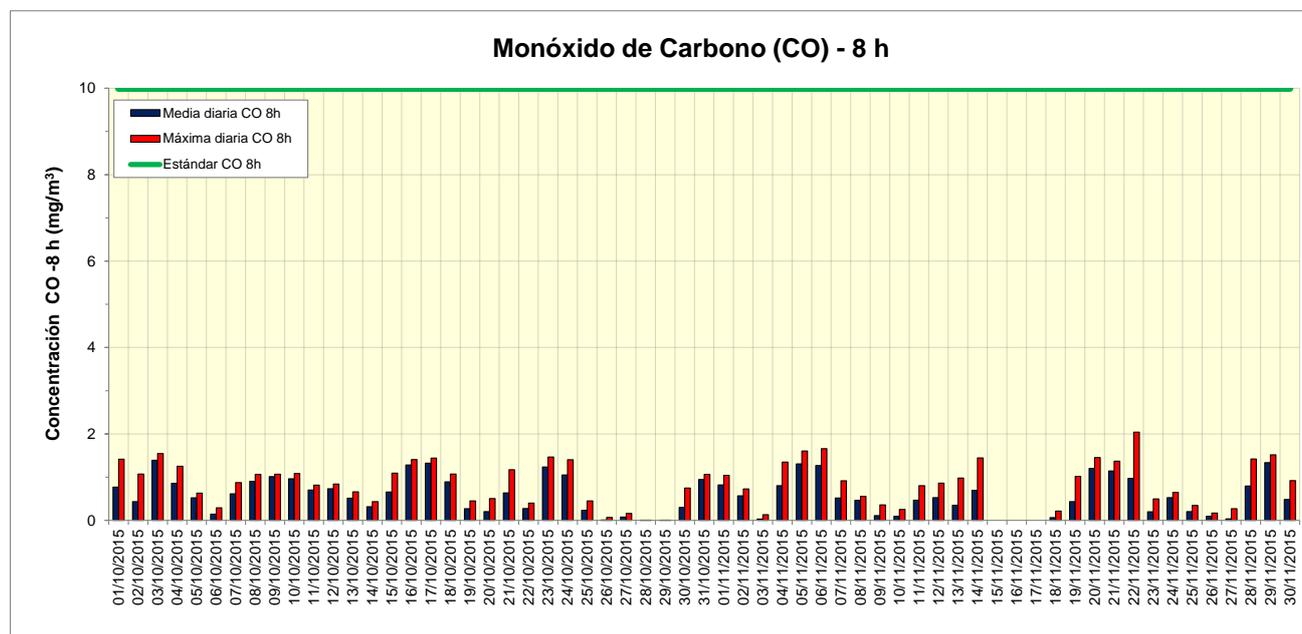


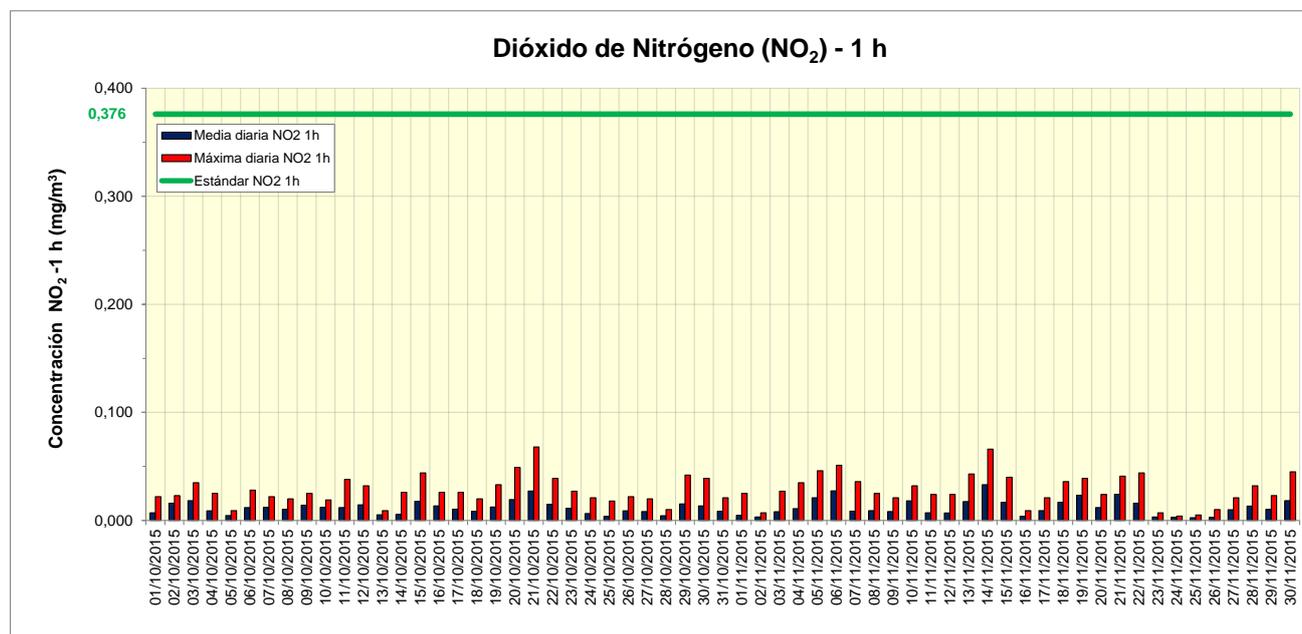
Figura 3. Valores de concentración medios y máximos diarios de CO (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Dióxido de nitrógeno (1 h): Para el parámetro NO_2 1 h (Figura 4), el valor medio del bimestre fue de $0,012 \pm 0,011 \text{ mg}/\text{m}^3$ y con respecto a los valores mensuales, **Octubre** presentó concentraciones máximas diarias de $0,027 \text{ mg}/\text{m}^3$, horarias de $0,068 \text{ mg}/\text{m}^3$ y un promedio mensual de $0,012 \text{ mg}/\text{m}^3$; **Noviembre** presentó concentraciones máximas diarias de $0,033 \text{ mg}/\text{m}^3$, horarias de $0,066 \text{ mg}/\text{m}^3$ y un promedio mensual de $0,012 \text{ mg}/\text{m}^3$. 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 octubre-noviembre de 2015). 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), 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 (0,236 y 0,157 mg/m³ para 1 y 8 h, respectivamente). Los valores medios del bimestre fueron O₃ 1h: 0,033 ± 0,016 mg/m³ – O₃ 8h: 0,033 ± 0,013 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Octubre**: máximos diarios O₃ 1h: 0,069 mg/m³ – O₃ 8h: 0,065 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,096 mg/m³ – O₃ 8h: 0,089 mg/m³; **Noviembre**: máximos diarios O₃ 1h: 0,050 mg/m³ – O₃ 8h: 0,052 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,086 mg/m³ – O₃ 8h: 0,071 mg/m³.



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 octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

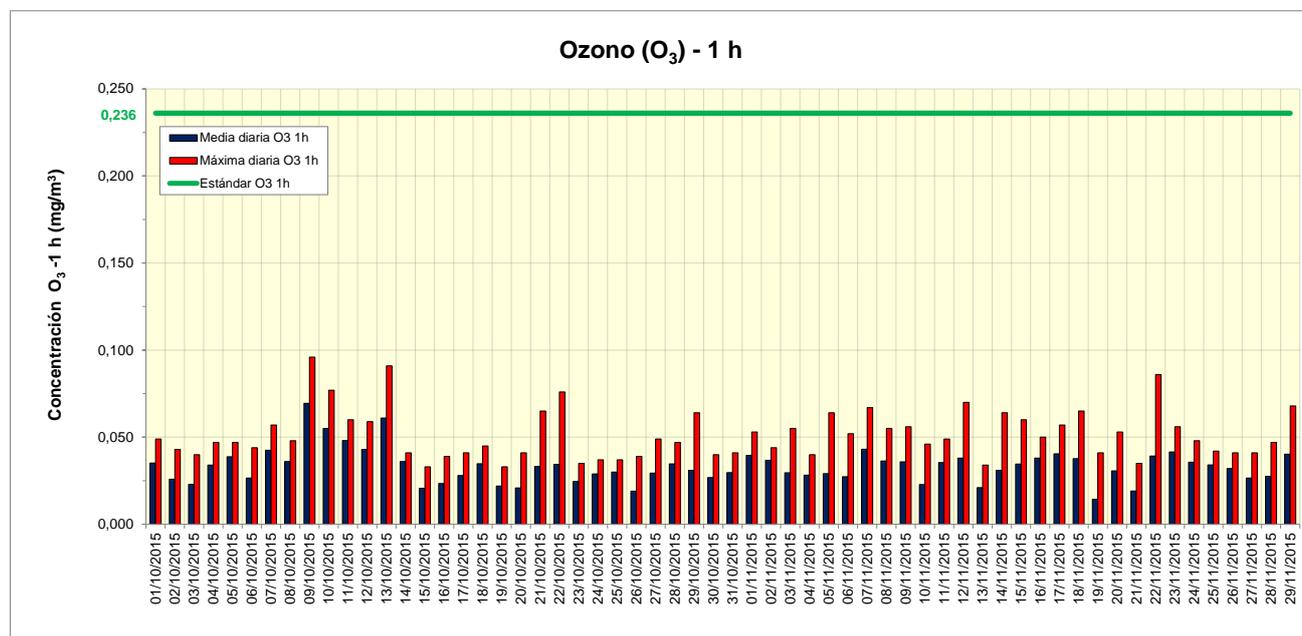
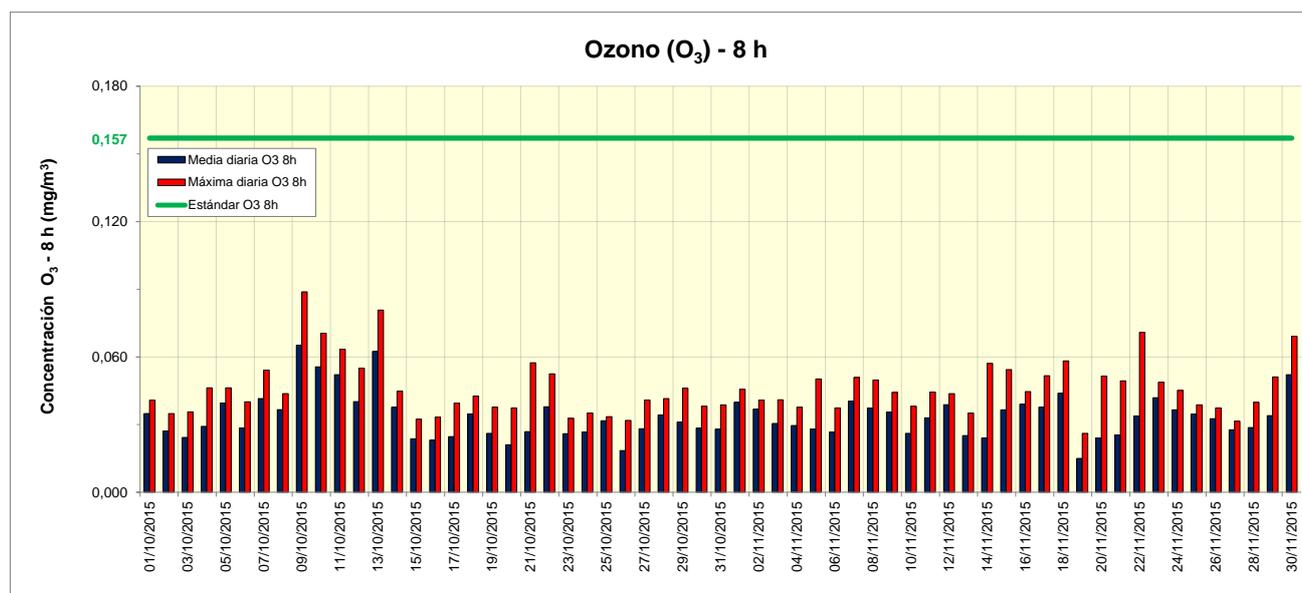


Figura 6. Valores de concentración medios y máximos diarios de O₃ (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



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 bimestre fueron SO₂ 3h: 0,065 ± 0,145 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,065 ± 0,097 mg/m³. Los valores máximos horarios y diarios alcanzados fueron: **Octubre:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,061 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,095 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,294 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,198 mg/m³. **Noviembre:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,594 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,481 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 2,455 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,591 mg/m³. En función de los valores horarios observados, no se verifica el cumplimiento de la Resolución N° 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 octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

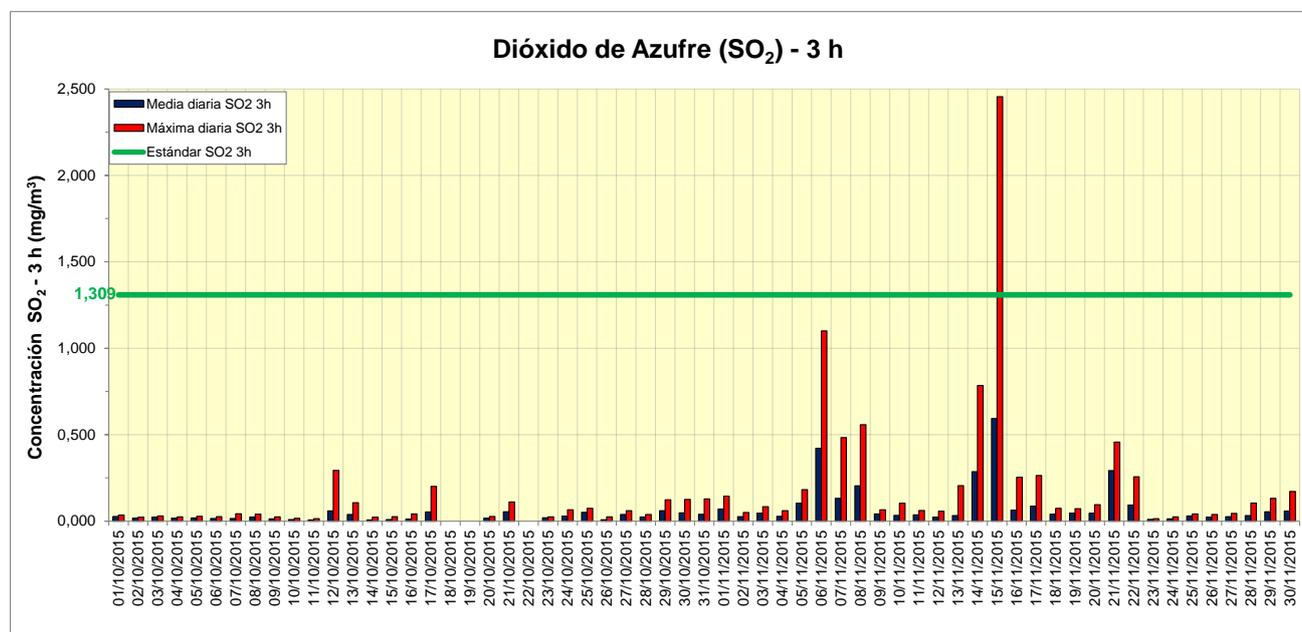
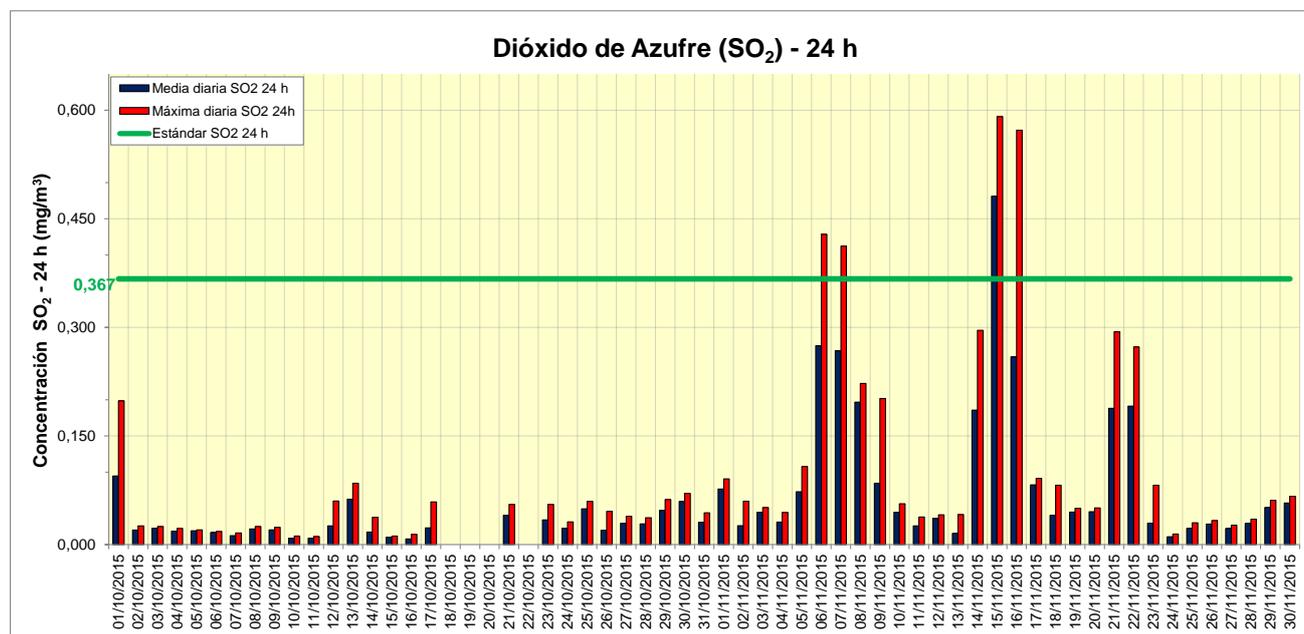


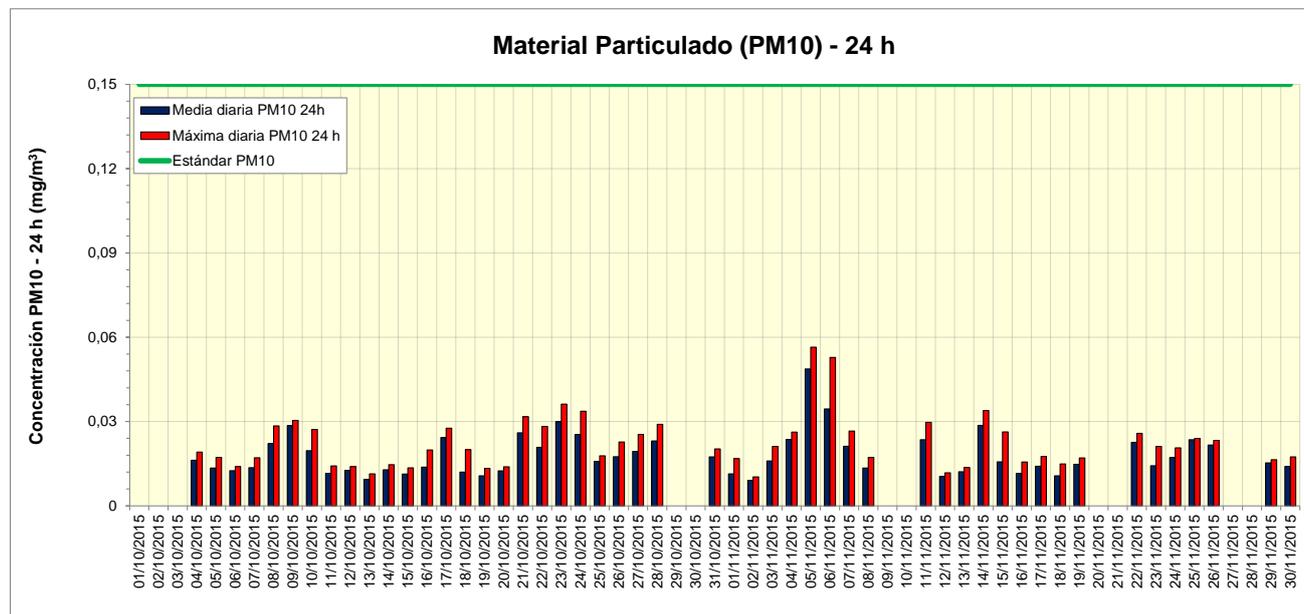
Figura 8. Valores de concentración medios y máximos diarios de SO₂ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período octubre-noviembre de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



Material particulado PM10 (24 h): Se observa el cumplimiento con el Estándar de Calidad de Aire fijado por Resolución N° 02/07 de ACUMAR (0,150 mg/m³), con un valor máximo diario de 0,036 mg/m³ y un máximo horario de 0,205 mg/m³ para **Octubre**, y un valor máximo diario de 0,080 mg/m³ y un valor máximo horario de 0,144 mg/m³ para **Noviembre** (Figura 9).



Figura 9. Valores de concentración medios y máximos diarios de PM₁₀ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período octubre-noviembre de 2015). 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: material particulado PM2.5, óxidos de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, hidrocarburos metánicos, hidrocarburos no metánicos, hidrocarburos totales de petróleo, sulfuro de hidrógeno. El equipo analizador de benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno se encontró bajo tareas de mantenimiento y puesta a punto en este período.



1.1.2. ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y VARIABILIDAD HORARIA DE CONTAMINANTES MEDIDOS EN LA EMC

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 octubre-noviembre (0,0004 µg/m³/h) indica una tendencia prácticamente invariable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de NO₂, y en comparación con los valores máximos registrados en el trimestre anterior, estos fueron el doble de los hallados en este período.

Figura 10. Variación horaria en la concentración de NO₂ medida en la EMC para el período de octubre-noviembre de 2015 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.

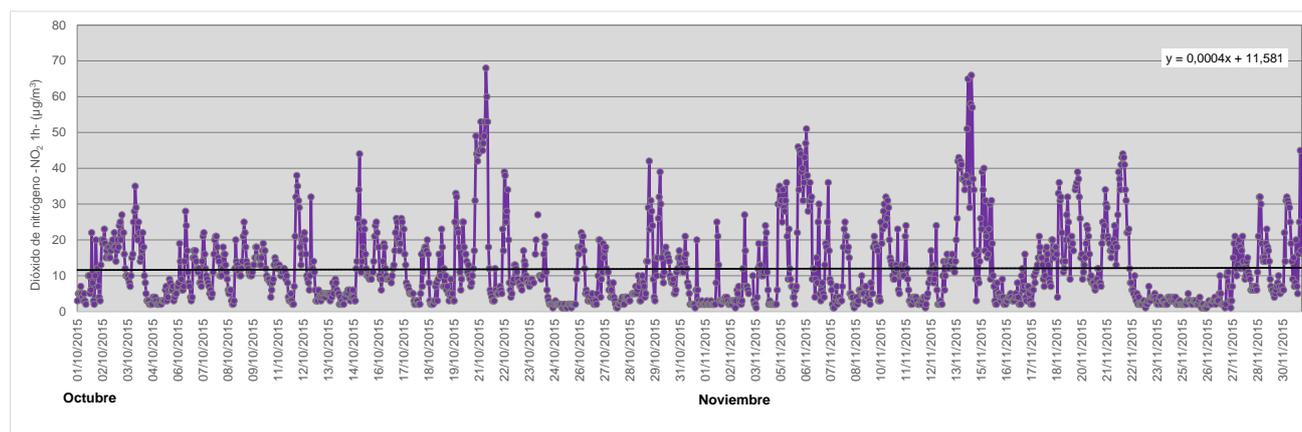


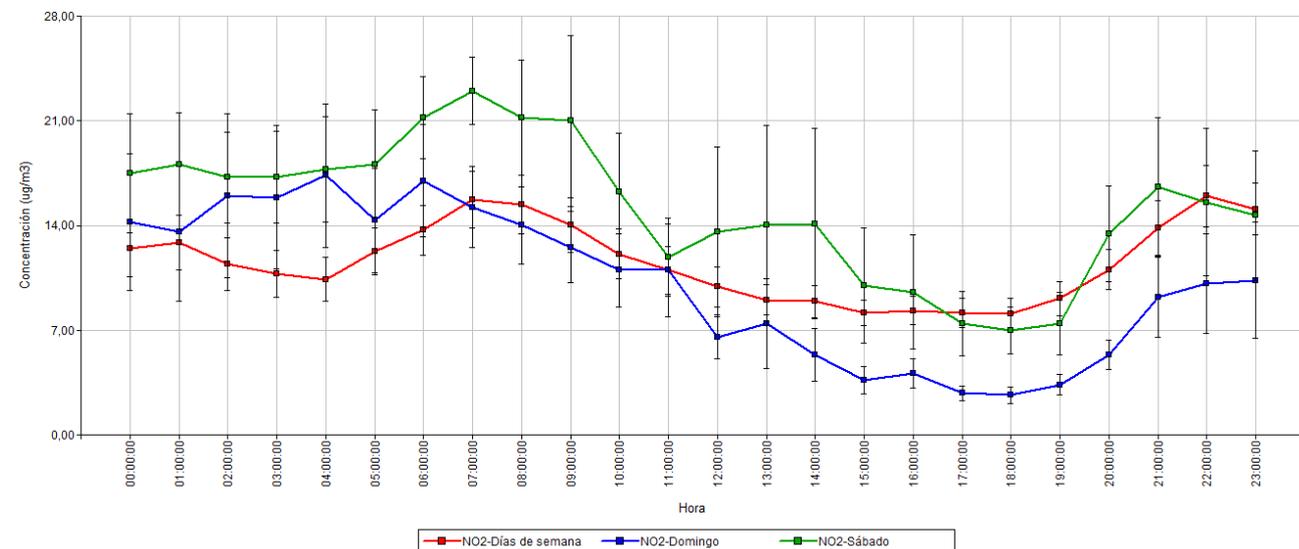
Tabla 2. Medidas resumen del parámetro NO₂ (1 h) para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Variable	Mes	n	Medidas resumen						
			Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
NO ₂ 1 h	Octubre	715	12,29	11,71	95,27	1,00	66,00	8,00	43,00
	Noviembre	734	11,53	9,50	82,38	1,00	68,00	9,00	44,00

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), si bien hay una gran variabilidad en los valores horarios, se observa para los días Sábado (*recta en color verde*) los valores más elevados (exhibiendo valores máximos entre las 06:00 y las 09:00 h).

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 octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

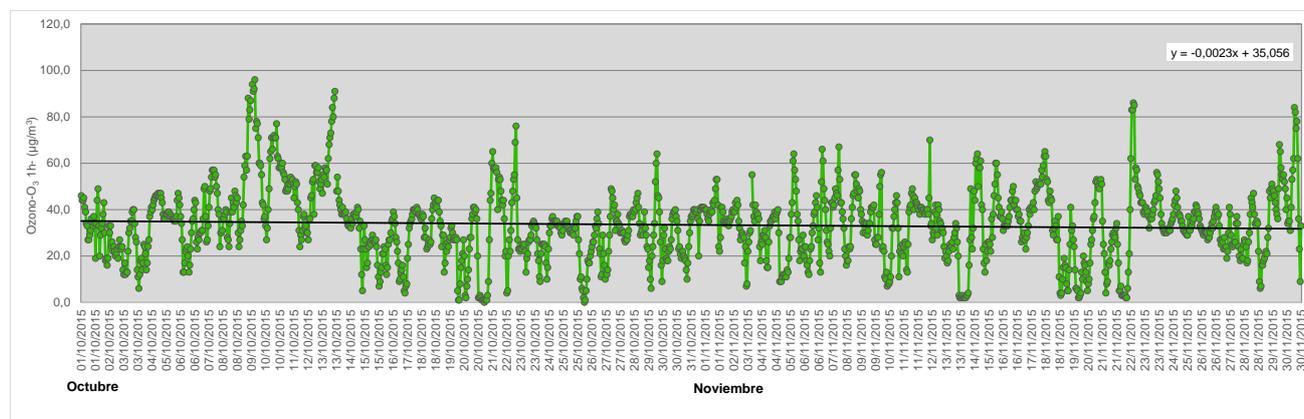


Ozono (O₃)

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 (-0,0023 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) indica una tendencia levemente decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de O₃ entre los meses de octubre y noviembre (Tabla 3), sin embargo se observa un marcado ascenso al comparar estos valores con la tendencia del trimestre anterior, ya que están afectados por una mayor actividad solar del período.

Figura 12. Variación horaria en la concentración de O₃ medida en la EMC período octubre-noviembre de 2015 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 que para los días Domingo (*recta en color azul*), se registran valores de concentración de O₃ por encima de los días de semana (*recta en color rojo*), más notoriamente entre las 12:00 y las 22:00 h, mientras que los días Sábado (*recta en color verde*) se registran los valores menores.

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 trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

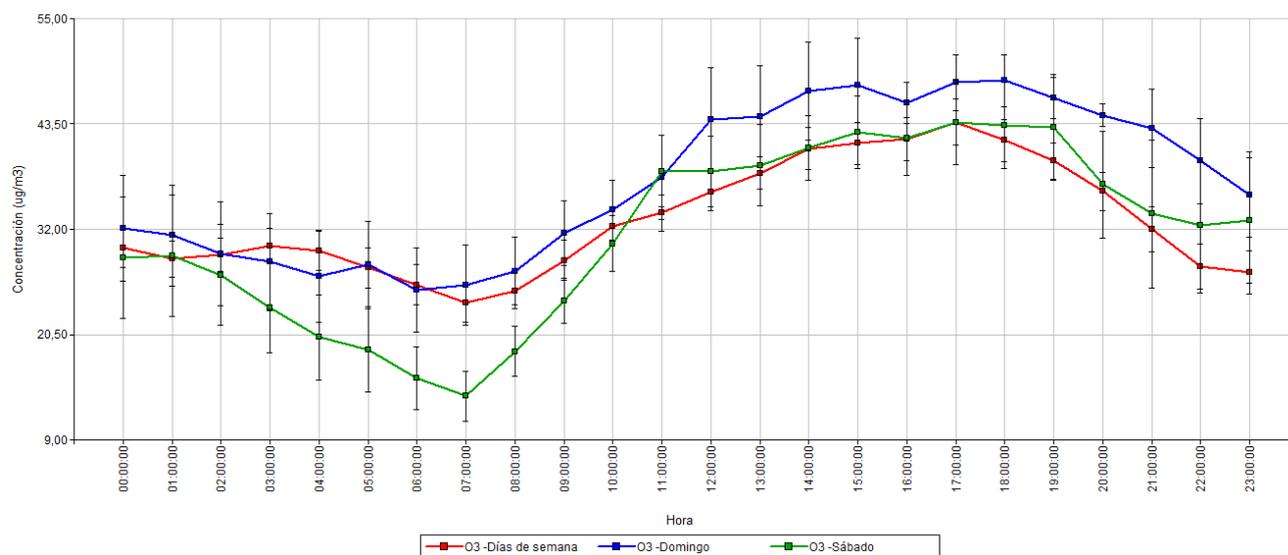


Tabla 3. Medidas resumen del parámetro O₃ (1 y 8 h) para período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
O ₃ 1 h	Octubre	740	33,6	16,2	48,1	0,0	96,0	33,0	77,0
	Noviembre	719	33,2	14,8	44,6	2,0	86,0	34,0	64,0
O ₃ 8 h	Octubre	743	33,7	14,5	42,9	1,0	88,9	32,8	74,7
	Noviembre	720	33,2	12,2	36,8	2,1	70,9	34,4	64,0

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.

Precusores 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 15:00 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 octubre-noviembre de 2015.

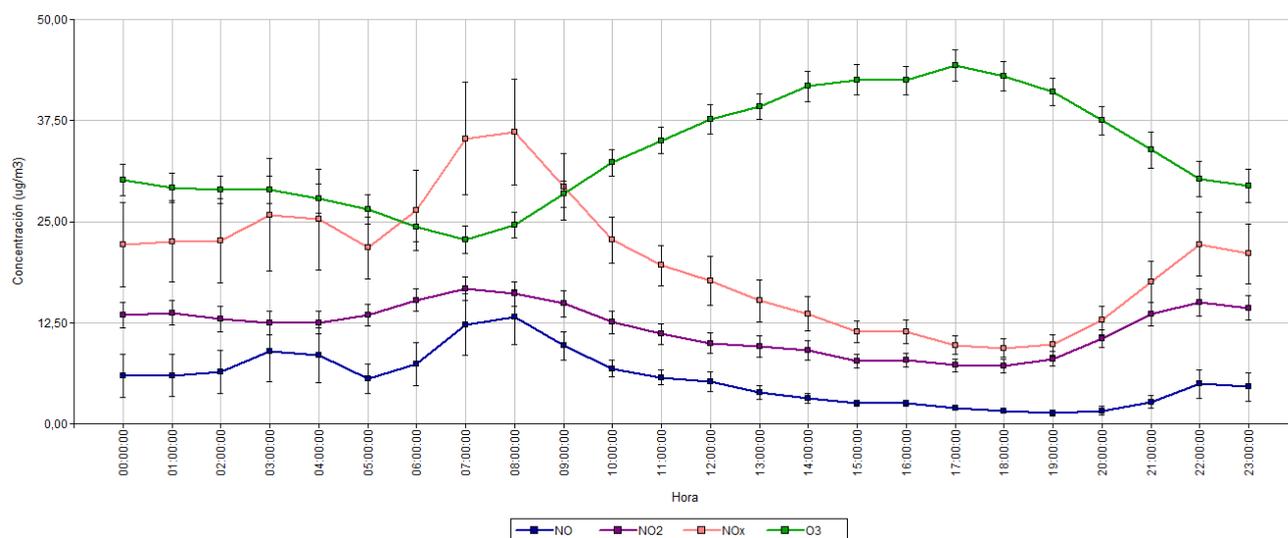
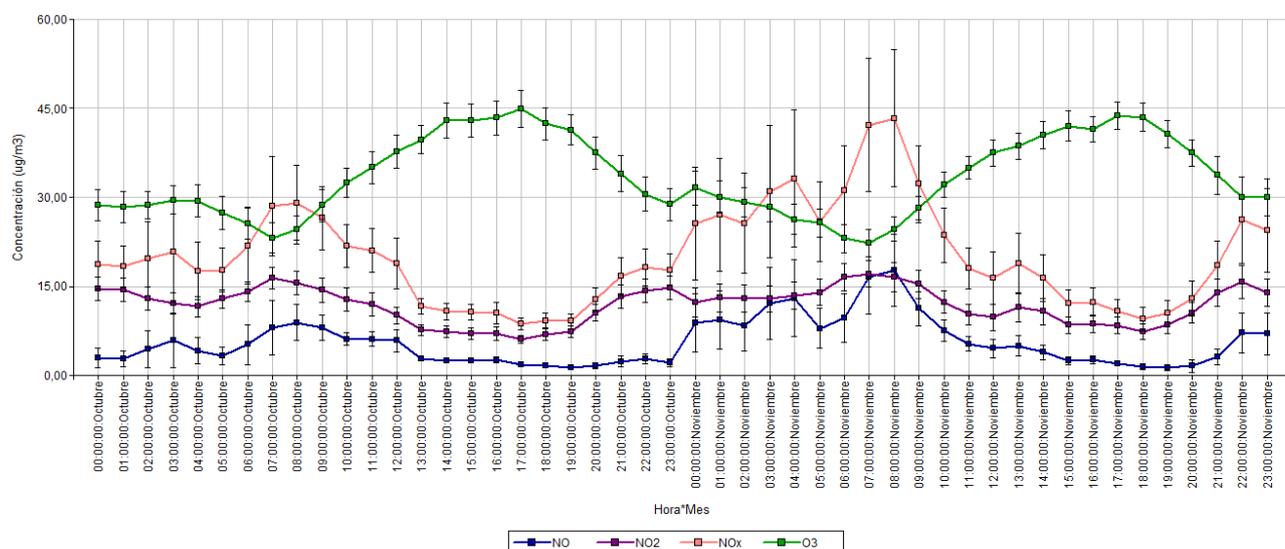


Figura 15. Variación horaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de NO_x, NO₂, NO y O₃ medidos en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



El análisis estadístico revela que la correlación entre O₃ y sus precursores (y radiación solar incidente) para el período octubre-noviembre de 2015 en la EMC (Tabla 4) es significativa y con coeficientes de correlación negativos y mayores a 0,50 para NO₂, NO, NO_x e HCM y con un coeficiente de correlación positivo para radiación solar (0,460).

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre O₃ y sus precursores (y radiación solar incidente) para el período octubre-noviembre de 2015 en la EMC.

Correlación de Pearson									
Variables	Log ₁₀ _NO	Log ₁₀ _NO ₂	Log ₁₀ _NOx	Log ₁₀ _CO	Log ₁₀ _HCM	Log ₁₀ _HCnM	Log ₁₀ _HCT	Log ₁₀ _O ₃	Log ₁₀ _Rad slr
Log ₁₀ _NO	1								
Log ₁₀ _NO ₂	0,812***	1							
Log ₁₀ _NOx	0,920***	0,966***	1						
Log ₁₀ _CO				1					
Log ₁₀ _HCM	0,595***	0,548***	0,607***		1				
Log ₁₀ _HCnM	0,481***	0,448***	0,488***		0,427***	1			
Log ₁₀ _HCT	0,654***	0,603***	0,663***		0,883***	0,837***	1		
Log ₁₀ _O ₃	-0,666***	-0,603***	-0,664***		-0,552***		-0,451***	1	
Log ₁₀ _Rad slr								0,460***	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 octubre-noviembre (0,0619 µg/m³/h), indica una tendencia creciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de SO₂ en aire (Tabla 5), la cual se registra particularmente en la primer quincena de noviembre. Sin embargo, los picos máximos horarios registrados en este período fueron marcadamente menores a los detectados en el trimestre anterior (puntualmente en los meses de junio y julio).

Figura 16. Variación horaria en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 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.

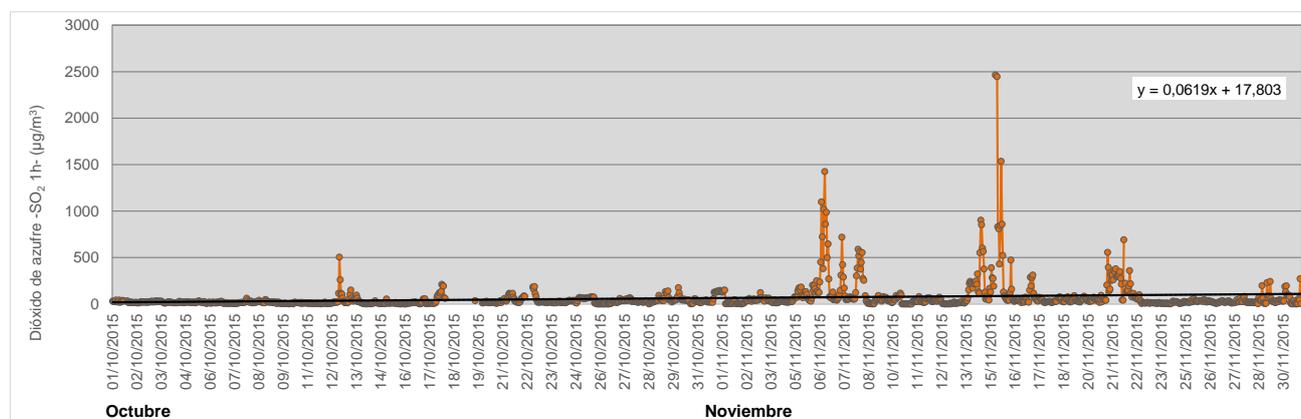


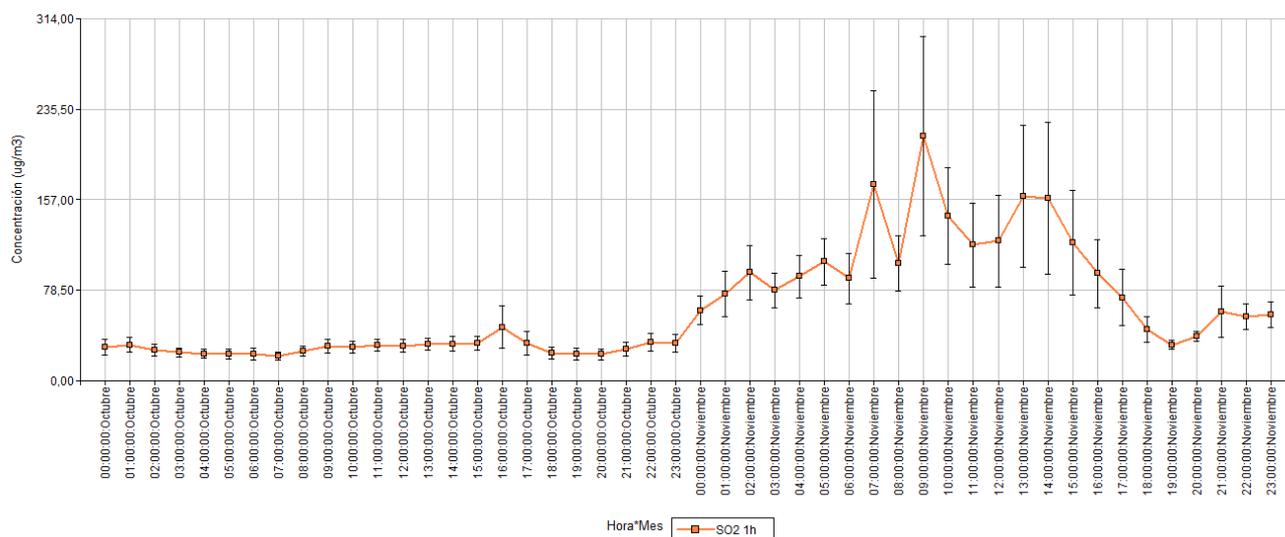
Tabla 5. Medidas resumen de los parámetros SO₂ (3 h y 24 h) para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
SO ₂ 3 h	Octubre	686	28,41	32,00	112,64	0,00	293,70	20,00	125,30
	Noviembre	717	99,32	194,52	195,86	0,00	2455,00	39,70	734,30
SO ₂ 24 h	Octubre	667	29,24	25,21	86,21	4,04	198,46	21,50	82,92
	Noviembre	720	98,84	123,38	124,82	7,08	591,27	46,06	557,09

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 octubre no se registraron valores pronunciados (misma tendencia que en el mes de agosto), mientras que ya para el mes de noviembre se observan mayores valores y desvíos entre las 07 y las 16 h.

Figura 17. Variación horaria y mensual (media ± error estándar) en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015. 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 octubre-noviembre (0,0023 µg/m³/h), indica una tendencia levemente creciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de H₂S en aire. En el gráfico también se puede apreciar que en los primeros días del mes de noviembre se registraron valores horarios significativamente elevados respecto del resto del período (Tabla 6).

Figura 18. Variación horaria en la concentración de H₂S medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 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.

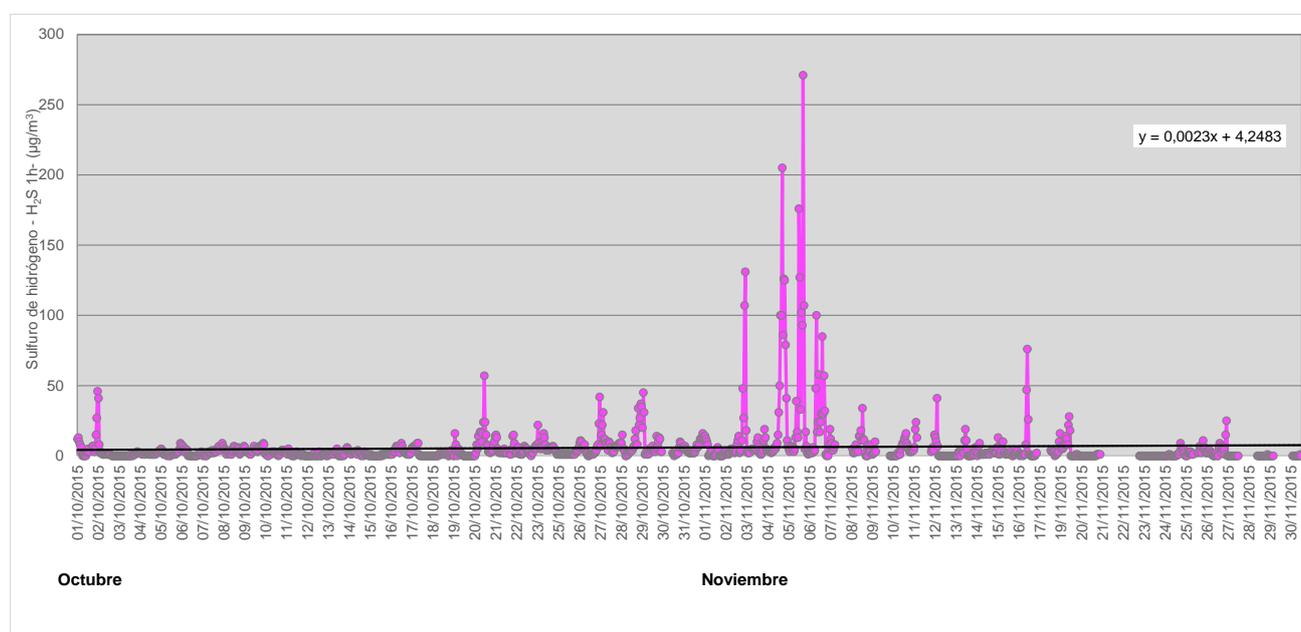


Tabla 6. Medidas resumen del parámetro H₂S (1 h) para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

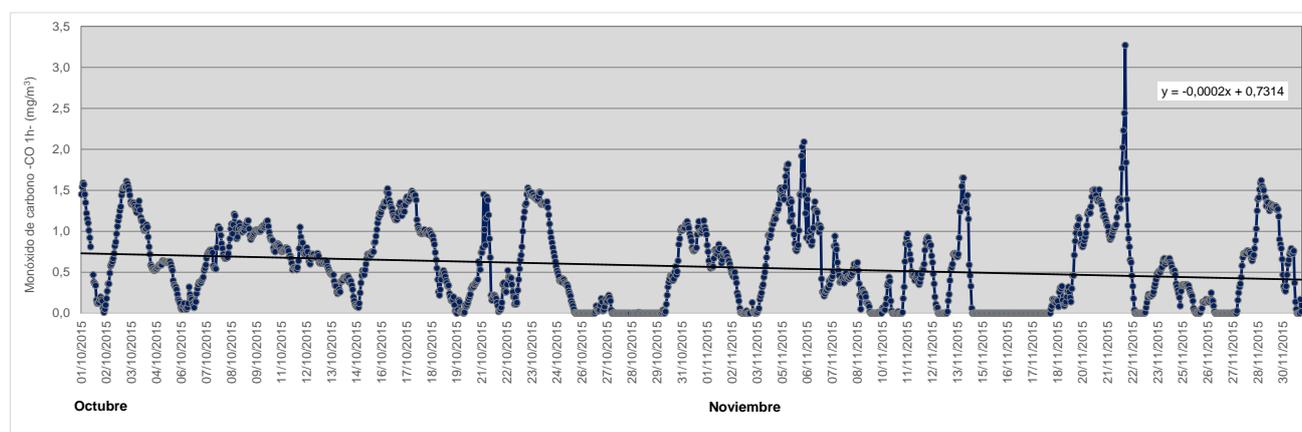
Variable	Mes	n	Medidas resumen						
			Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
H ₂ S 1 h	Octubre	724	3,8	5,9	154,9	0,0	57,0	2,0	23,0
	Noviembre	555	8,4	23,9	284,8	0,0	271,0	2,0	100,0

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 octubre-noviembre de 2015 ($-0,0002 \text{ mg/m}^3/\text{h}$), indica una tendencia prácticamente invariable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de CO en aire, sin embargo, se observa que para el mes de noviembre hubieron mayor cantidad de horas que registraron valores cero y picos más altos (Tabla 7). Los valores horarios máximos registrados se encuentran en la misma escala de valores que los meses de julio y agosto.

Figura 19. Variación horaria en la concentración de CO medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 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} .



Analizando la variación diaria y mensual de la concentración de CO, en la Figura 20 se observa un comportamiento variable, con máximos entre los días jueves a domingo.

Figura 20. Variación diaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de CO medido en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

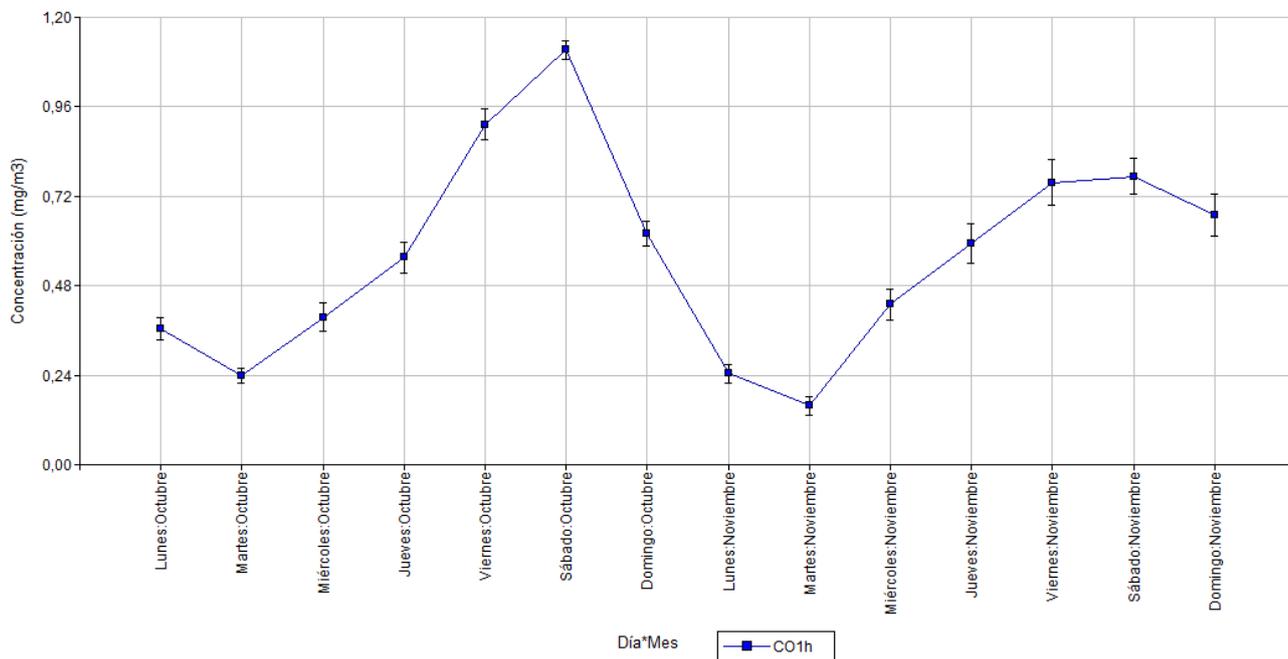


Tabla 7. Medidas resumen del parámetro CO (1 y 8 h) período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
CO 1 h	Octubre	740	0,63	0,46	74,04	0,00	1,61	0,60	1,49
	Noviembre	718	0,51	0,52	100,95	0,00	3,27	0,39	1,65
CO 8 h	Octubre	743	0,62	0,45	72,21	0,00	1,55	0,61	1,44
	Noviembre	720	0,52	0,49	95,41	0,00	2,04	0,43	1,57

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})

A partir del mes de octubre de 2015, tanto el equipo de PM₁₀ como el de PM_{2.5} fueron configurados para que comuniquen los datos de mediciones horarias en lugar del promedio diario, y de esta manera disponer de mayor cantidad de datos para robustecer el análisis. 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 octubre-noviembre (0,0012 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ para PM₁₀ y -0,0007 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ 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 valores más altos entre fines de octubre y primeros días de noviembre.

Figura 21. Variación horaria en la concentración de PM₁₀ medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

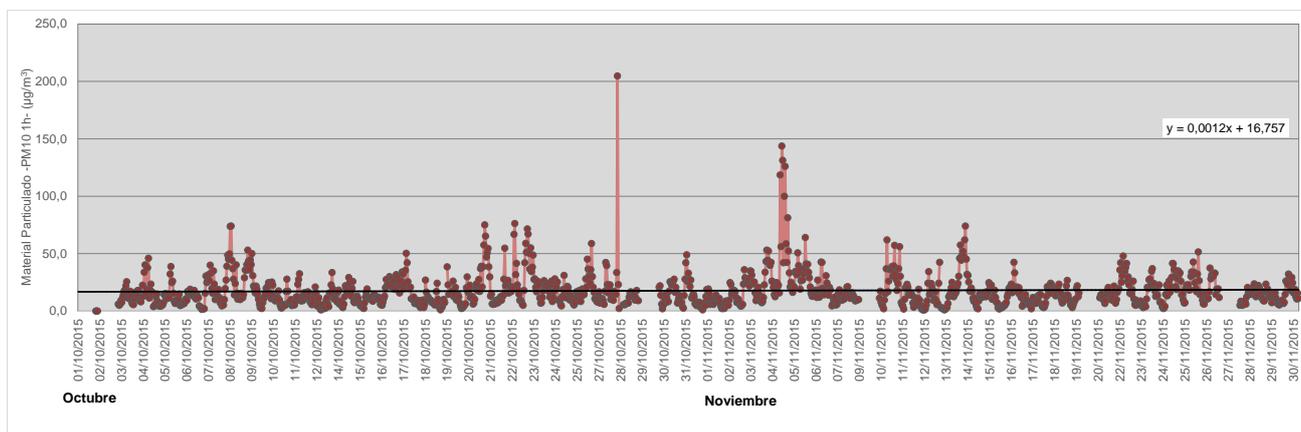
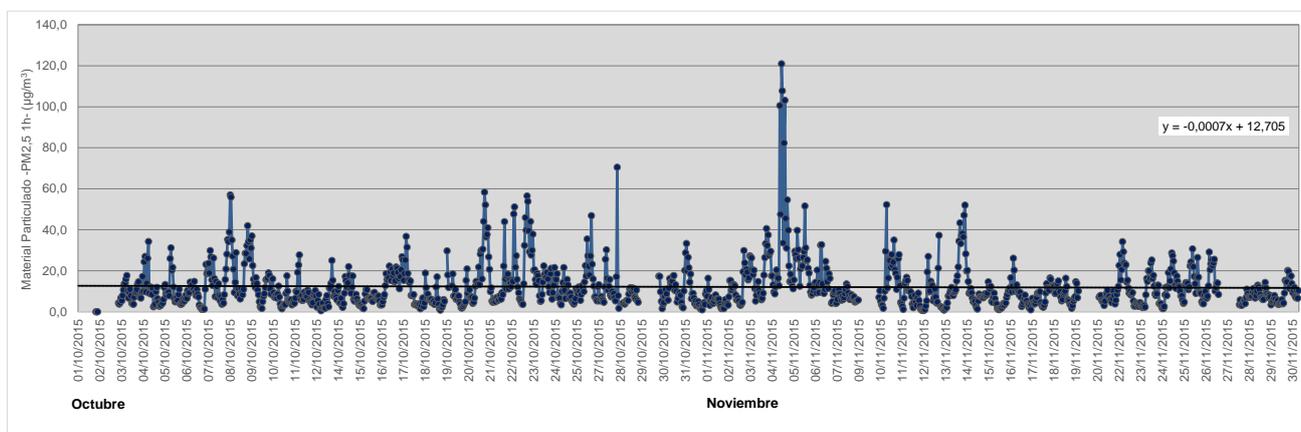


Figura 22. Variación horaria en la concentración de PM_{2.5} medida en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Los valores de concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015 (Figura 23, Tabla 8) muestran un comportamiento muy similar entre sí (la relación promedio PM_{2.5}/PM₁₀ del período fue: $0,67 \pm 0,10$). El análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} para los días de semana (Figuras 24 y 25) exhibe que existen diferencias significativas los días viernes, seguido de los jueves, miércoles y sábado. De domingo a martes se registraron los valores más bajos.

Figura 23. Variación diaria en la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

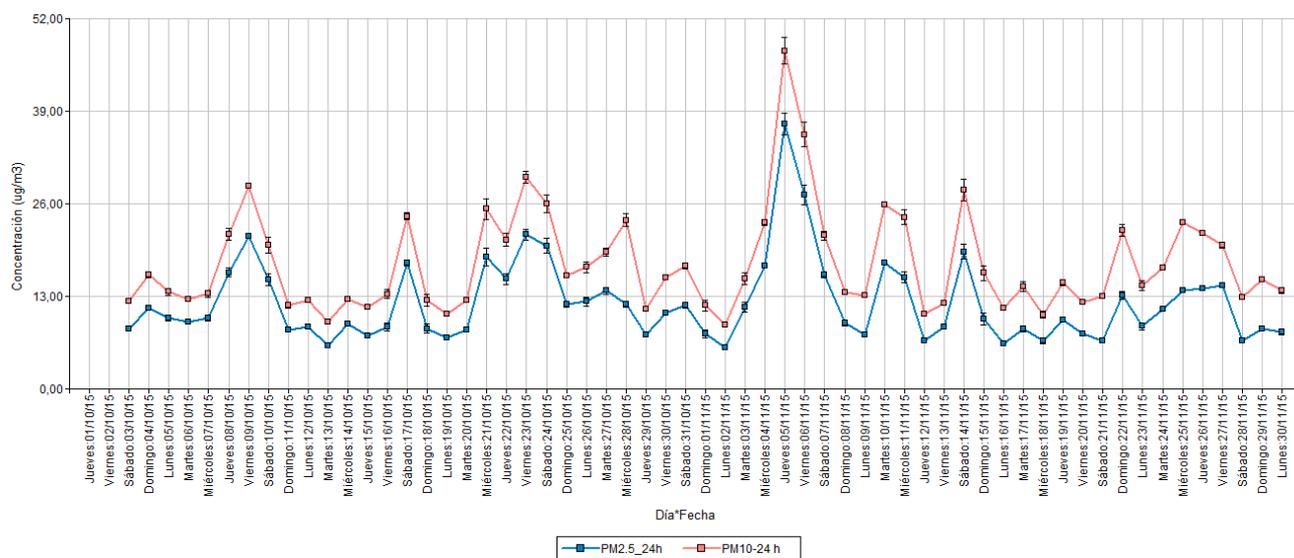
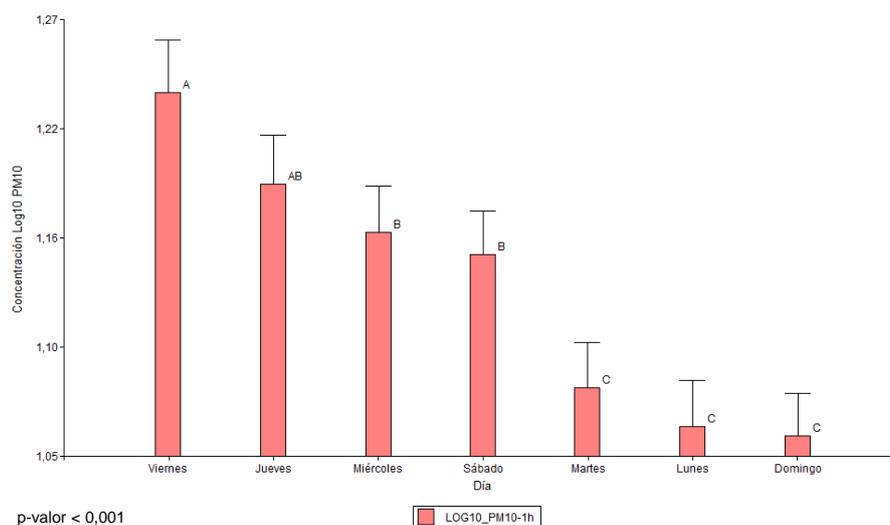


Tabla 8. Medidas resumen de los parámetros PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
PM ₁₀ 24 h	Octubre	637	17,3	6,7	38,5	7,2	36,2	15,1	33,1
	Noviembre	612	18,5	9,3	50,3	7,0	56,4	16,0	52,2
PM _{2.5} 24 h	Octubre	639	12,3	5,2	41,9	4,6	27,0	10,7	25,2
	Noviembre	614	12,4	7,5	60,7	4,4	44,7	10,1	41,2

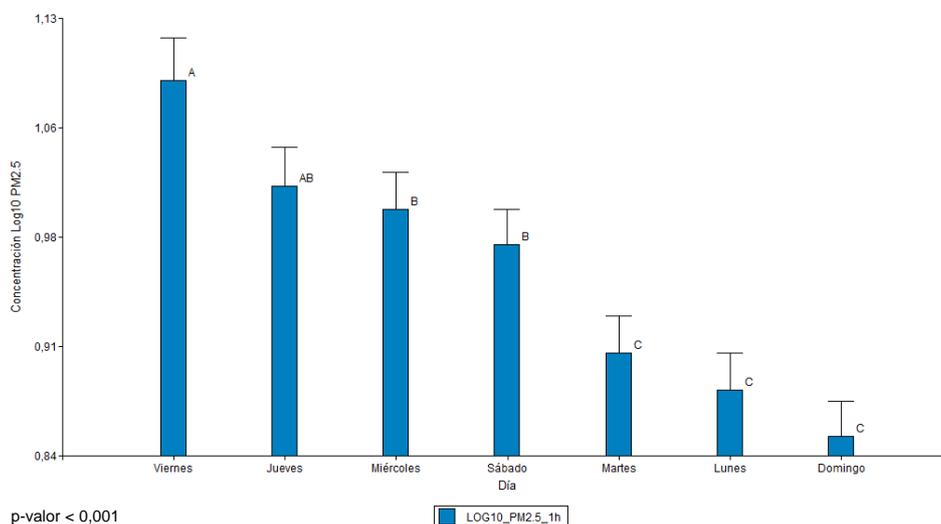
n: total de horas analizadas (medias móviles de 24 h); *D.E.*: desvío estándar; *C.V.*: coeficiente de variación (%); *P(98)*: percentil 98.

Figura 24. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración (media \pm error estándar) de PM₁₀-1h (medidos en la EMC) para los días de semana en el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Dado que la variable no cumplió con el supuesto de normalidad, esta fue transformada a Log₁₀ a fin de ser tratada como variable paramétrica.

Figura 25. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración (media \pm error estándar) de PM_{2,5}-1h (medidos en la EMC) para los días de semana en el período octubre-noviembre de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Dado que la variable no cumplió con el supuesto de normalidad, esta fue transformada a Log₁₀ a fin de ser tratada como variable paramétrica.

1.2. MONITOREO CONTINUO MEDIANTE EL SISTEMA OPEN PATH

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.

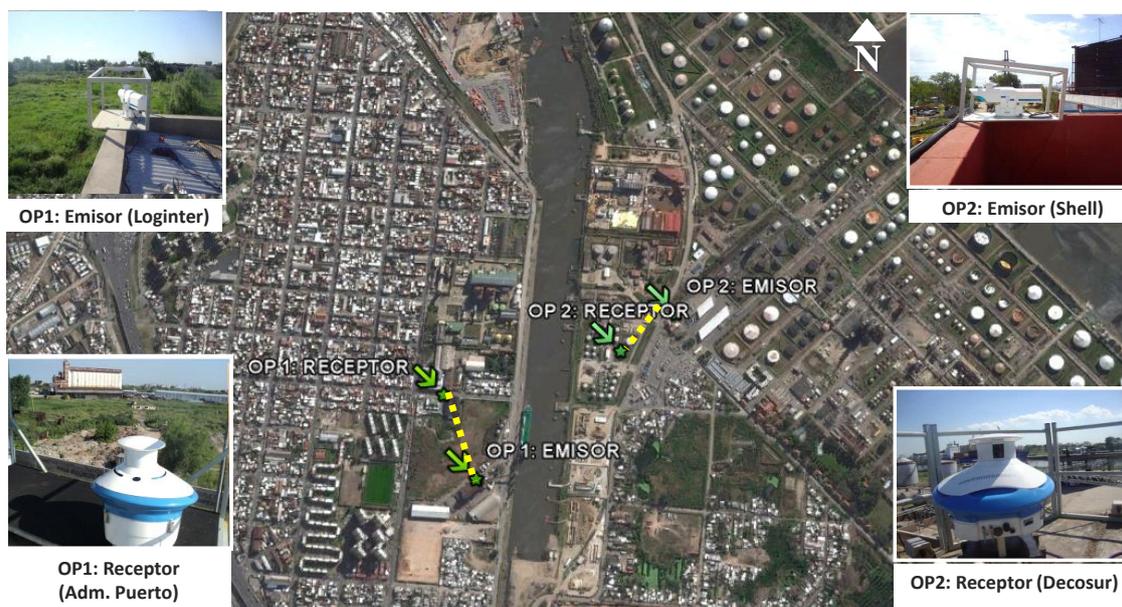


Los equipos están instalados en el área de Dock Sud en las siguientes ubicaciones (Figura 26):

a) 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

b) 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 26. 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 OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2015.

A continuación se presenta el análisis de los resultados de los parámetros en estudio medidos por los Open Path correspondientes al período octubre-noviembre de 2015.

Open Path 1

Para el período de monitoreo (27/10/2015 a 30/11/2015), los valores medios (se consideran los 5 días del mes de octubre como parte del mes de noviembre) fueron: **Benceno (1 h):** $0,0020 \pm 0,0032$ mg/m³ (Figura 27); **Tolueno (1h):** $0,0121 \pm 0,0121$ mg/m³ (Figura 28); **m-xileno (1h):** $0,0015 \pm 0,0031$ mg/m³ (Figura 29) y **p-xileno (1h):** $0,0005 \pm 0,0014$ mg/m³ (Figura 30).

Tabla 9. Medidas resumen de los parámetros Benceno, Tolueno, m-xileno y p-xileno (1 h) medidos con el equipo Open Path 1 (OP1) para el período de monitoreo del 27/10/2015 al 30/11/2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen OP1									
Mes	Variable	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
Octubre- Noviembre	Benceno 1h	789	2,00	3,16	158,04	0,00	37,50	1,00	10,90
	Tolueno 1h	814	12,09	12,10	100,10	0,00	153,60	10,30	42,70
	m-xileno 1h	814	1,47	3,09	210,28	0,00	47,60	0,00	9,80
	p-xileno 1h	814	0,49	1,38	279,51	0,00	19,90	0,00	5,10

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

Figura 27. Valores de concentración medios y máximos diarios de Benceno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

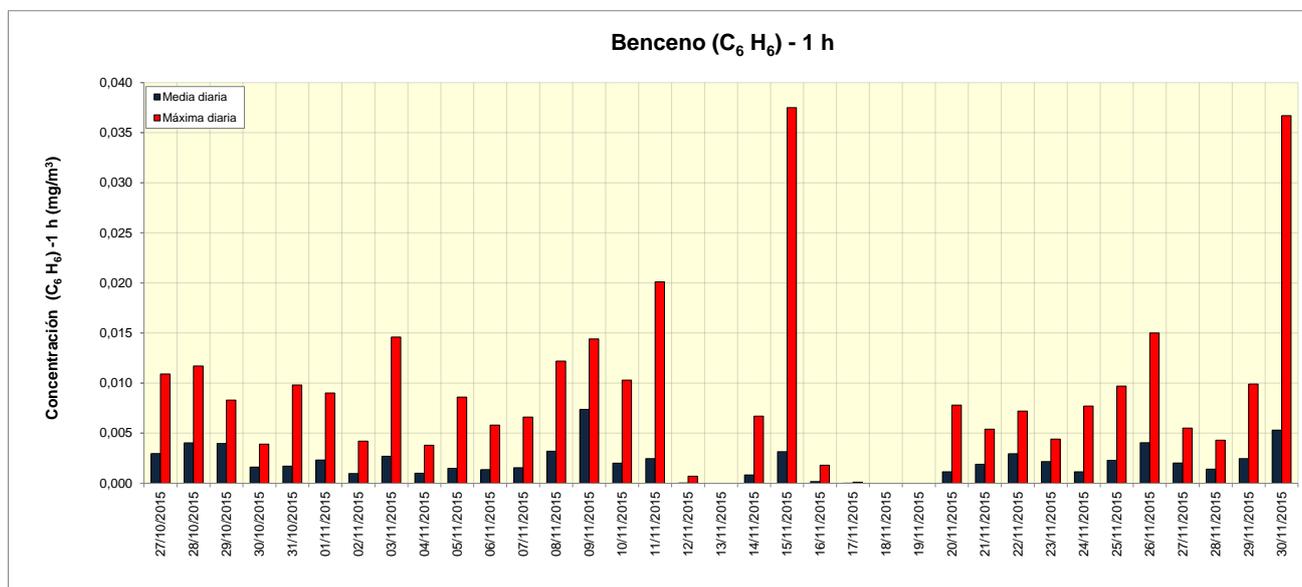


Figura 28. Valores de concentración medios y máximos diarios de Tolueno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

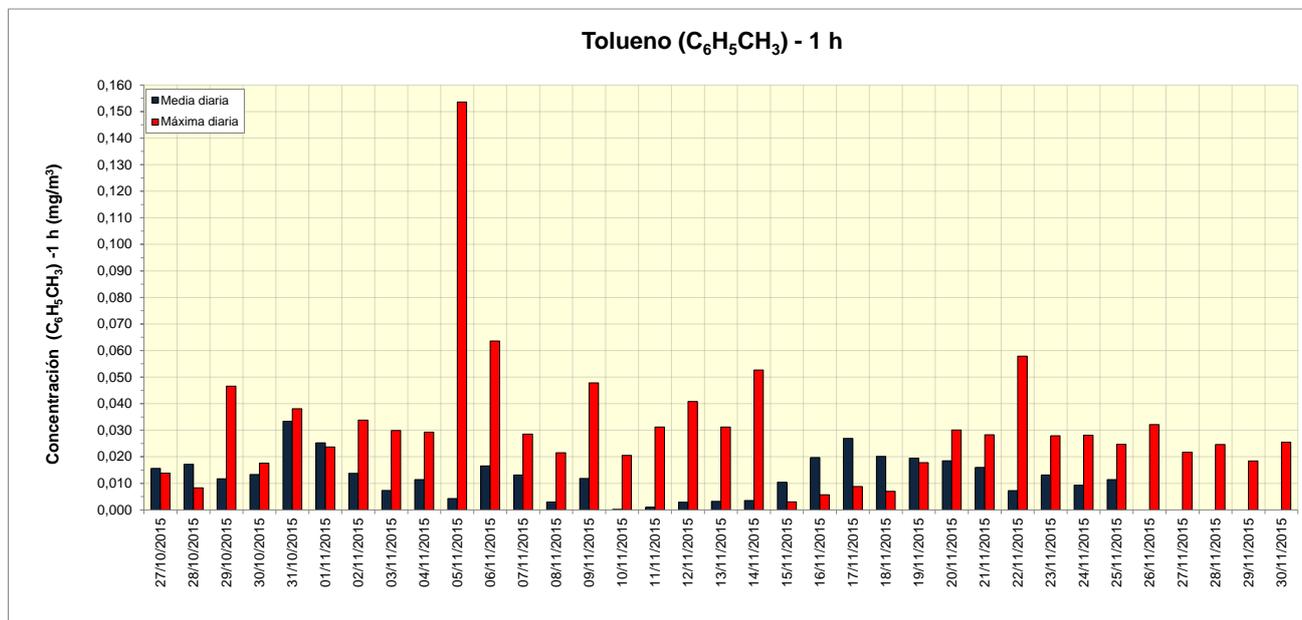


Figura 29. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

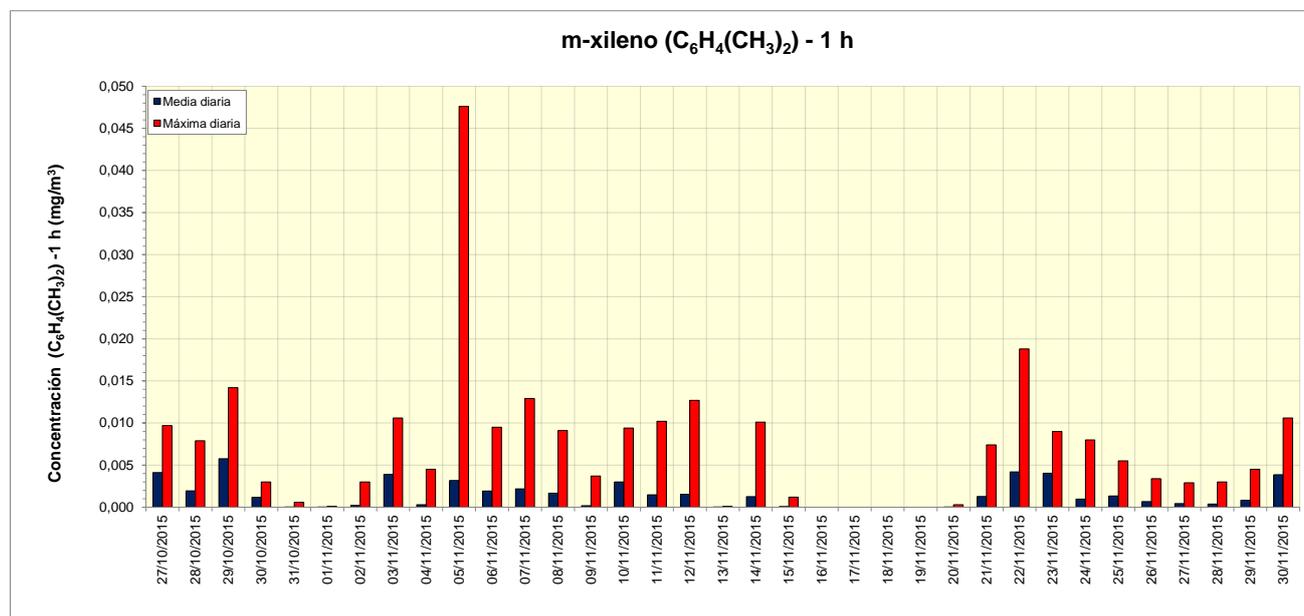
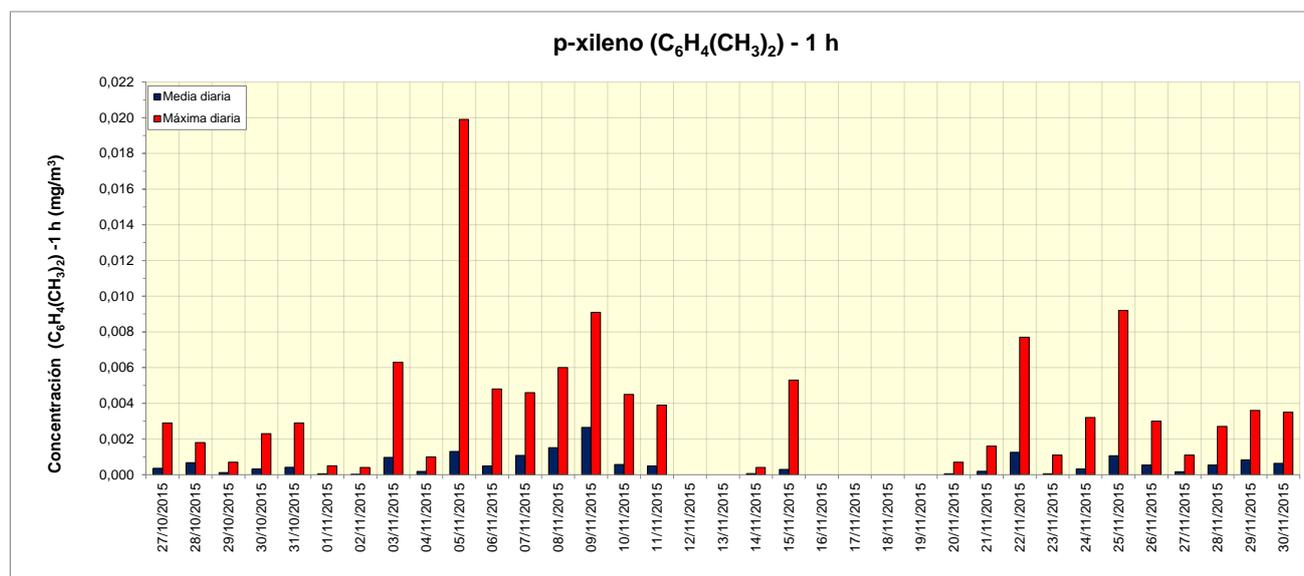


Figura 30. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-xileno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.



Open Path 2

Para el período de monitoreo, los valores medio mensuales fueron: **Benceno (1 h)**: $0,0019 \pm 0,0020$ mg/m³ (octubre), $0,0011 \pm 0,0039$ mg/m³ (noviembre) (Figura 31); **Tolueno (1h)**: $0,0186 \pm 0,0150$ mg/m³ (octubre), $0,0375 \pm 0,0194$ mg/m³ (noviembre) (Figura 32); **m-xileno (1h)**: $0,0004 \pm 0,0016$ mg/m³ (octubre), $0,0003 \pm 0,0018$ mg/m³ (noviembre) (Figura 33); **p-xileno (1h)**: $0,0016 \pm 0,0012$ mg/m³ (octubre), $0,0015 \pm 0,0016$ mg/m³ (noviembre) (Figura 34).

Tabla 10. Medidas resumen de los parámetros Benceno, Tolueno, m-xileno y p-xileno (1 h) medidos con el equipo Open Path 2 (OP2) para el período de monitoreo del 09/10/2015 al 30/11/2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen OP2									
Mes	Variable	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
Octubre	Benceno 1h	551	1,85	1,98	106,85	0,00	18,50	1,30	7,90
	Tolueno 1h	551	18,58	15,00	80,77	0,00	99,30	15,80	58,70
	m-xileno 1h	551	0,38	1,57	407,76	0,00	16,20	0,00	5,40
	p-xileno 1h	551	1,59	1,18	73,74	0,00	5,30	1,40	4,30
Noviembre	Benceno 1h	708	1,14	3,90	341,30	0,00	65,10	0,20	6,20
	Tolueno 1h	716	37,41	19,37	51,76	1,00	155,20	36,30	81,00
	m-xileno 1h	716	0,26	1,83	692,54	0,00	38,90	0,00	3,90
	p-xileno 1h	718	1,50	1,61	107,50	0,00	22,90	1,10	4,90

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

Figura 31. Valores de concentración medios y máximos diarios de Benceno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

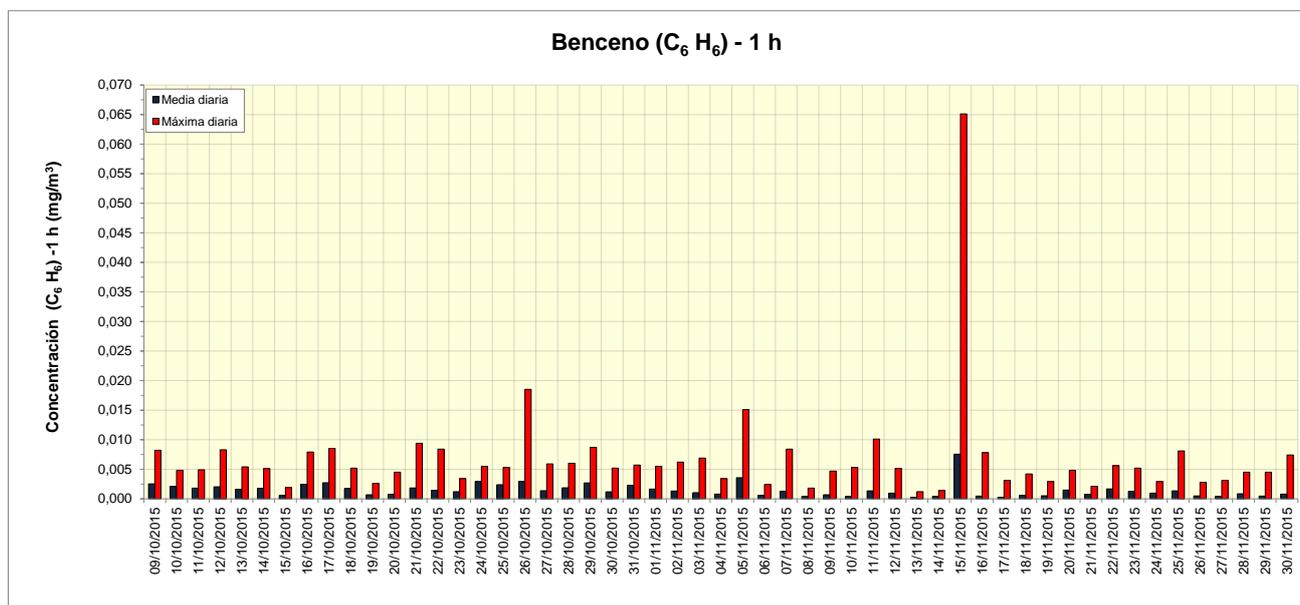


Figura 32. Valores de concentración medios y máximos diarios de Tolueno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

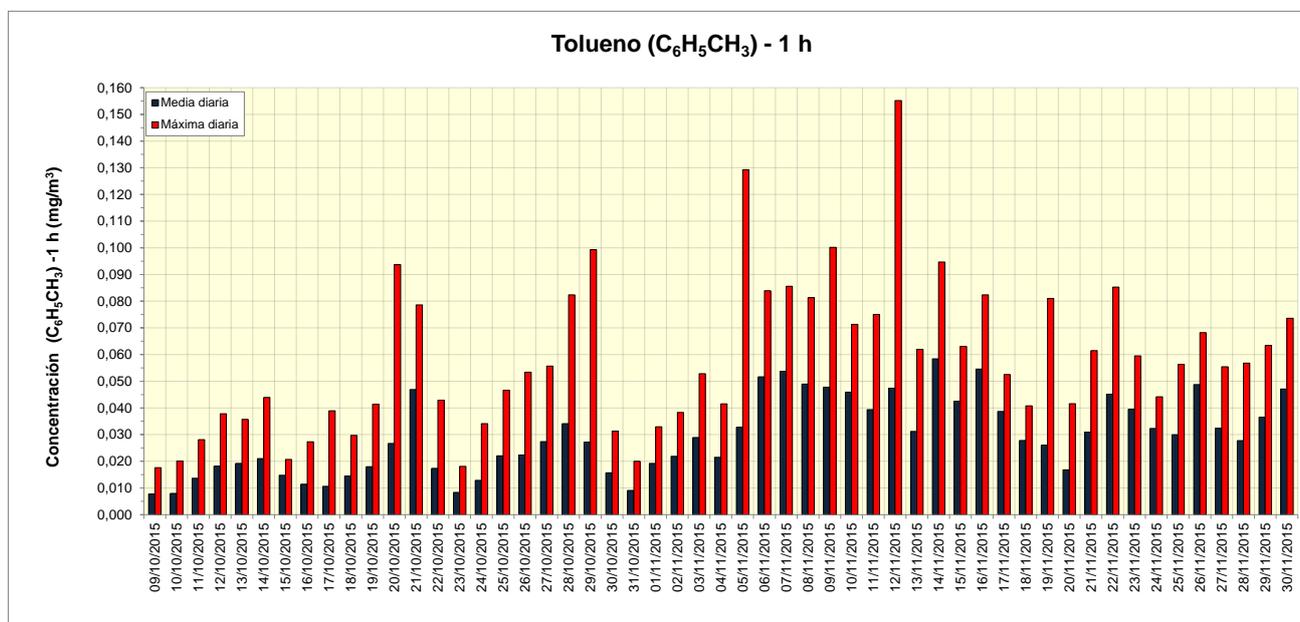


Figura 33. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

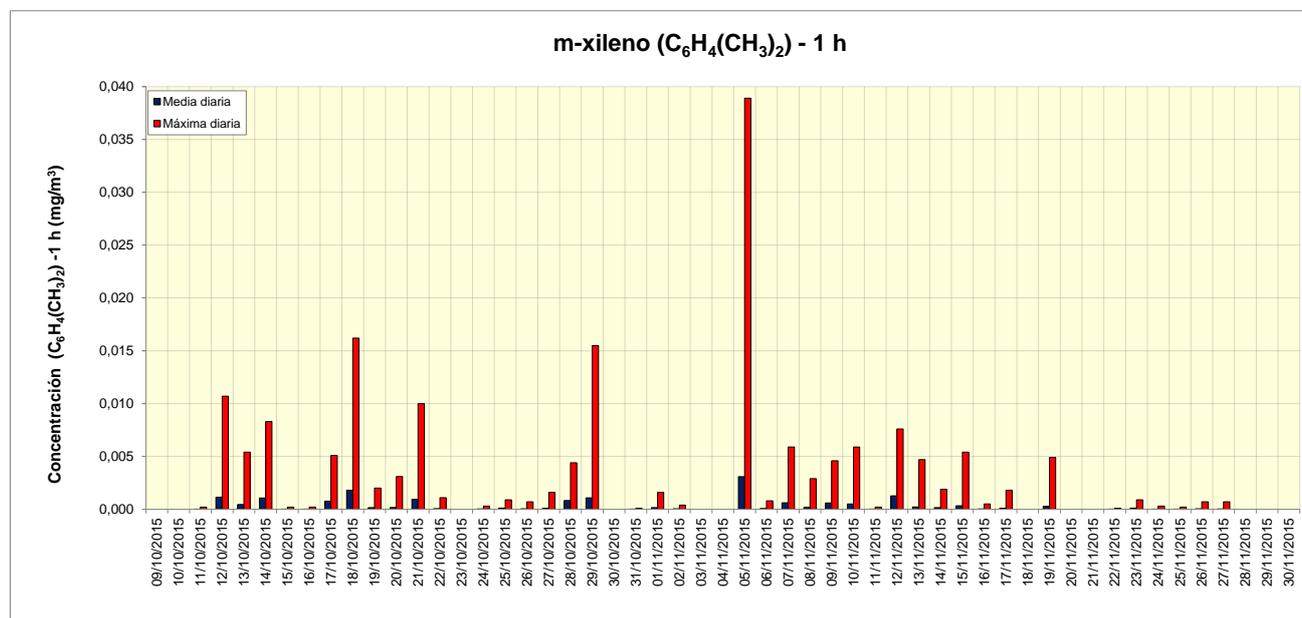
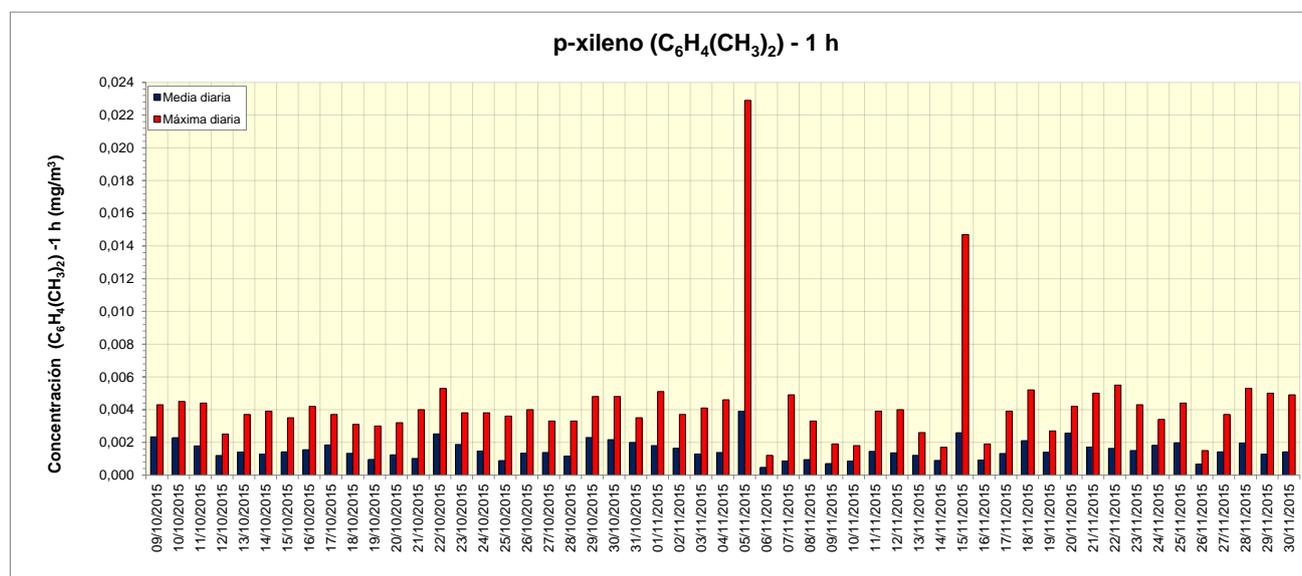


Figura 34. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período 27/10/2015 - 30/11/2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

3.

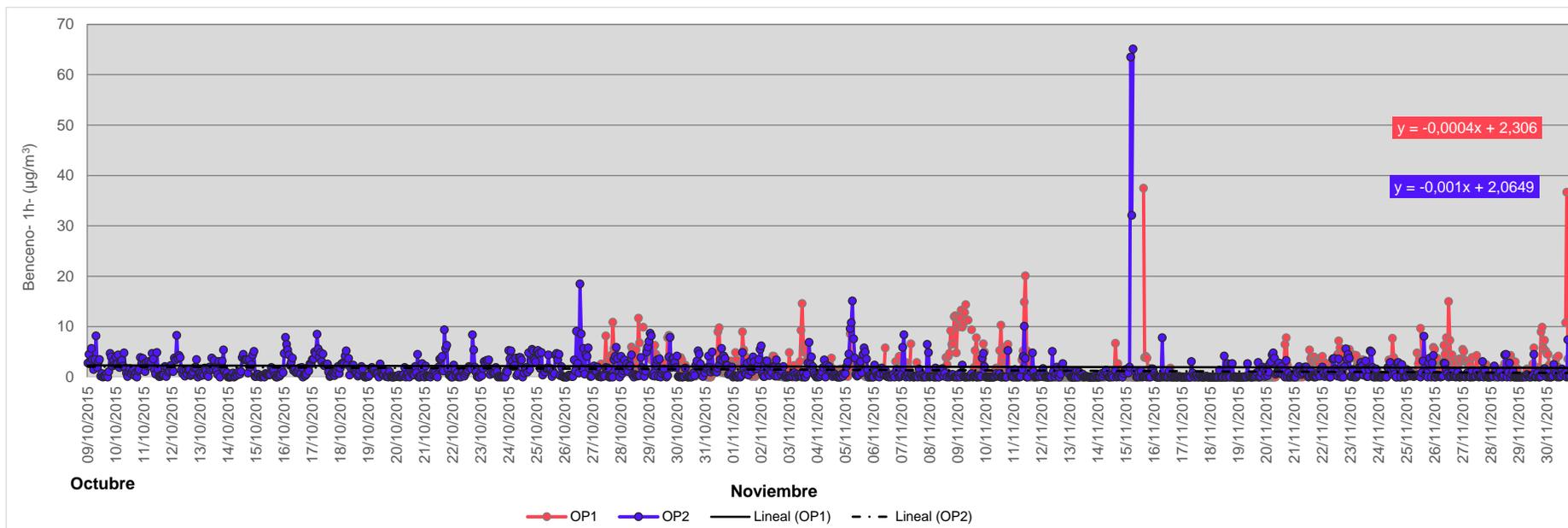


1.2.2. ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DE BENCENO DETECTADA EN LOS OPEN PATHS 1 Y 2.

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

Para el monitoreo realizado con el Open Path 1, la pendiente de la recta de regresión (Figura 35- *recta de color rosa*) estimada ($-0,0004 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una prácticamente estable de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de Benceno en aire en este período. Para el monitoreo realizado con el Open Path 2, la pendiente de la recta de regresión (Figura 35- *recta de color violeta*) estimada ($-0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una tendencia levemente decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de Benceno en aire durante los meses de octubre y noviembre.

Figura 35. Variación horaria en la concentración de Benceno medida en con los Open Path 1 y 2 para el período octubre-noviembre de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

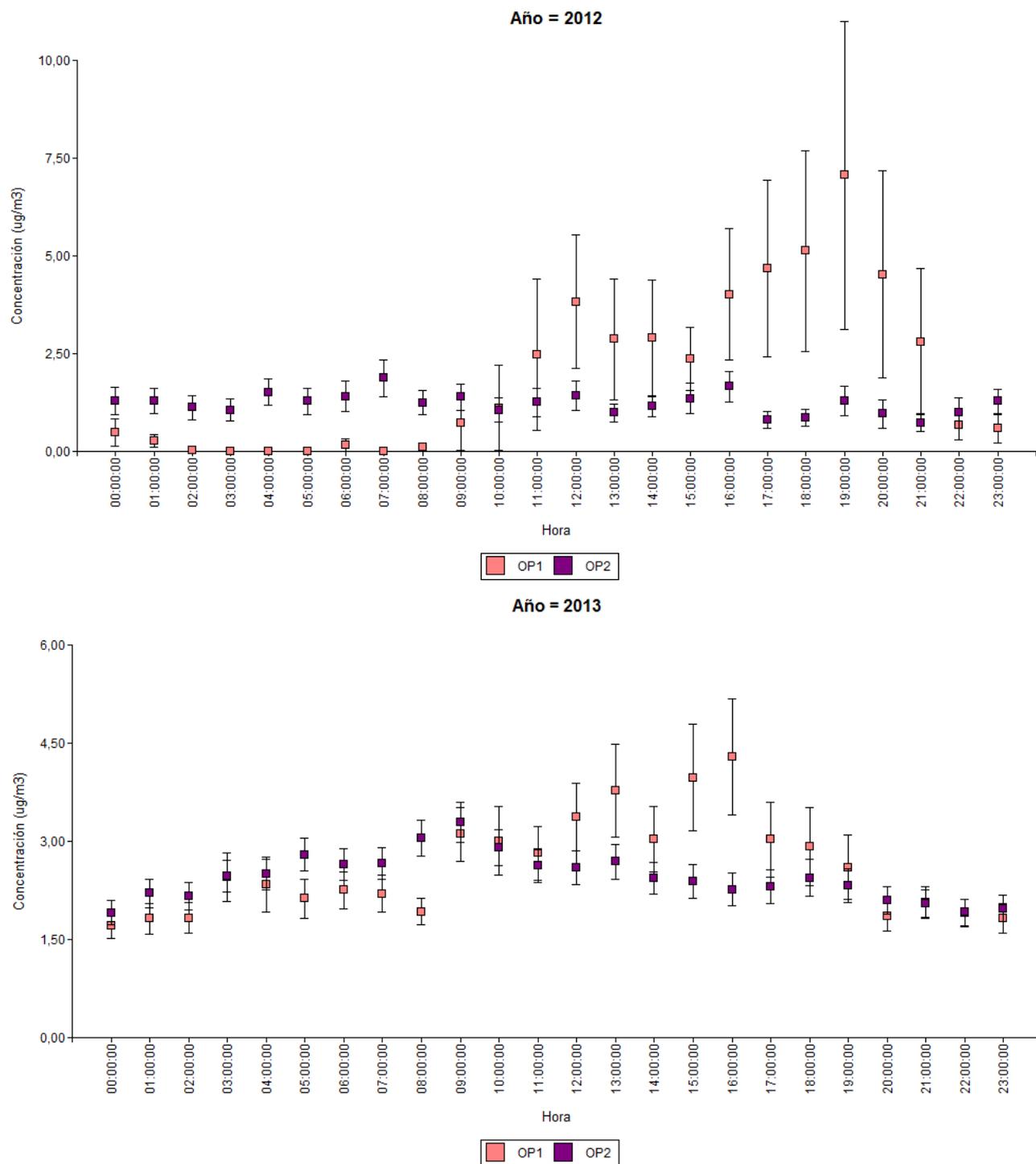


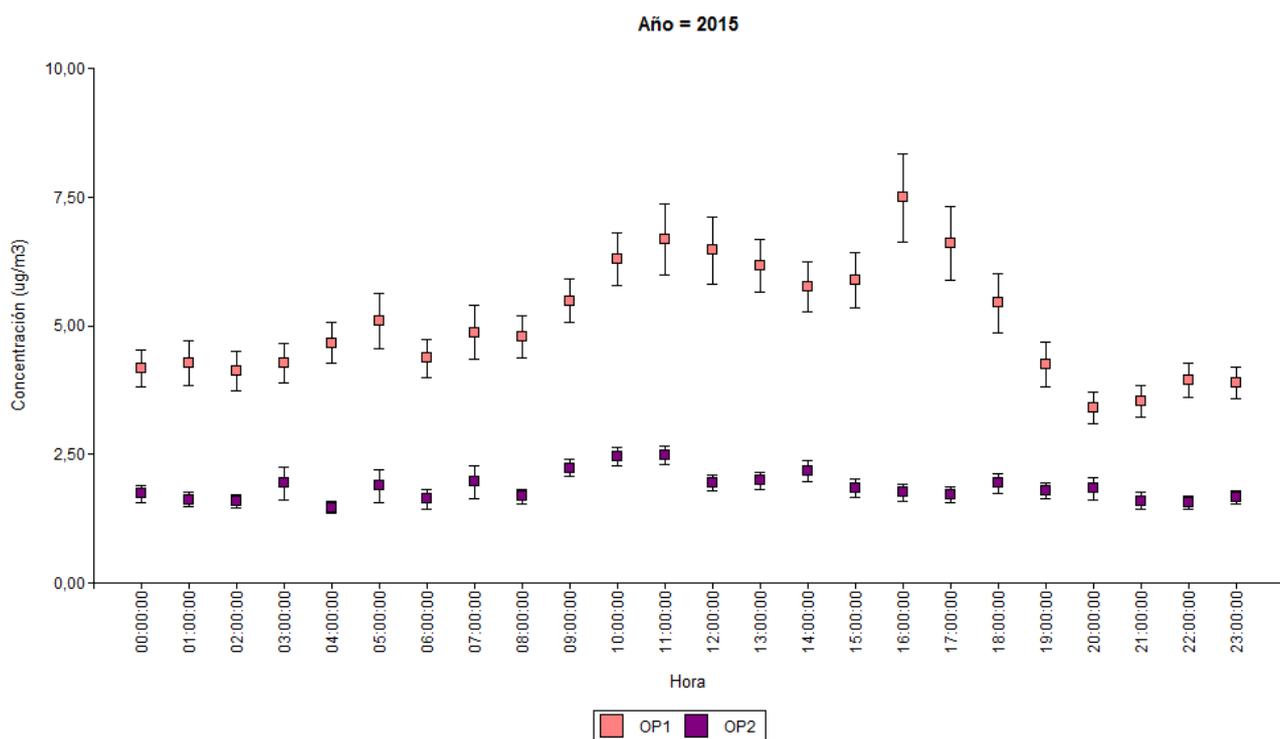
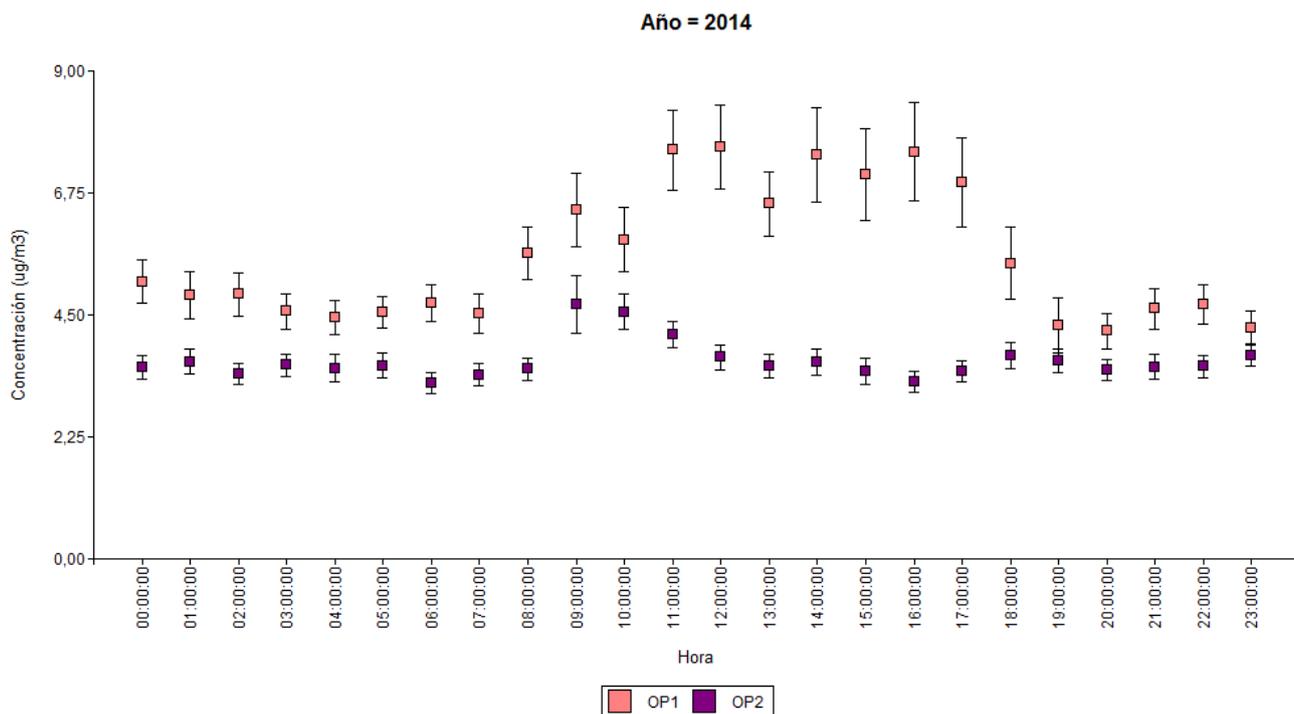
El comportamiento de los valores de concentración horarios de Benceno medidos en los Open Path ha ido cambiando en el tiempo, y estos valores difieren entre los sitios de monitoreo, particularmente en el año 2014 y hasta noviembre de 2015 (Figura 36). Esto puede estar indicando la posibilidad de que estos sitios estén afectados por distintas fuentes de emisión. Las mediciones realizadas en el OP1 presentan mayor variabilidad horaria que las del OP2, y los valores más elevados en el OP1 se detectan por la tarde, pudiendo deberse a la influencia de fuentes móviles, dada la cercanía de este sitio a zonas con alta intensidad de tránsito vehicular urbano. En la Tabla 11 se presentan los valores de concentración de benceno medido con EMC, 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 $5 \mu\text{g.m}^{-3}$, 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.

Tabla 11. 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 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Año	n	Media	D.E.	Mín	Máx	P(98)
Benceno 1h (EMC)						
2012	838	0,11	0,53	0,00	8,80	1,80
2013	7434	0,44	1,43	0,00	32,50	4,30
2014	6534	0,31	1,50	0,00	27,50	4,80
2015	3638	0,01	0,21	0,00	5,90	0,00
Benceno 1h (OP1)						
2012	854	1,87	8,59	0,00	105,90	25,50
2013	3929	2,59	5,86	0,00	89,80	17,20
2014	5148	5,55	8,24	0,00	96,80	31,70
2015	4461	5,03	6,75	0,00	80,30	24,60
Benceno 1h (OP2)						
2012	862	1,22	1,98	0,00	12,70	7,50
2013	3855	2,45	3,11	0,00	24,80	11,30
2014	5940	3,65	3,88	0,00	119,53	12,70
2015	5124	1,86	2,83	0,00	65,10	9,00

Figura 36. Valores de concentración (media \pm error estándar) de benceno- 1h ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) por horas del día medidos en los equipos de Paso Abierto (OP1 y OP2) ubicados en Dock Sud (años 2012-2015).





Con respecto al período bajo estudio (octubre-noviembre de 2015), se puede observar que los valores de benceno para el OP2 presentan mayor variabilidad y máximos horarios más altos por la mañana, mientras que para el OP1 se registran por la tarde (Figura 37). Con respecto al comportamiento diario (Figura 38), los valores de benceno medidos con el OP1 fueron más elevados los días lunes, seguido de los días domingo y jueves, mientras que con el OP2, se observan valores más altos principalmente los días domingo.



Figura 37. 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) ubicados en Dock Sud (octubre-noviembre de 2015).

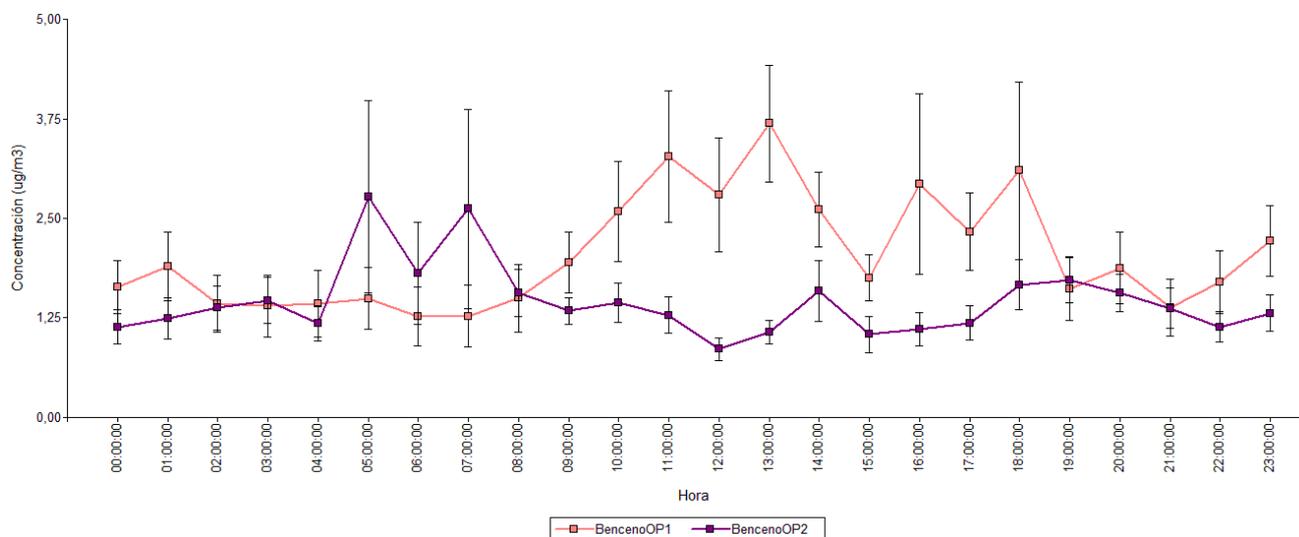
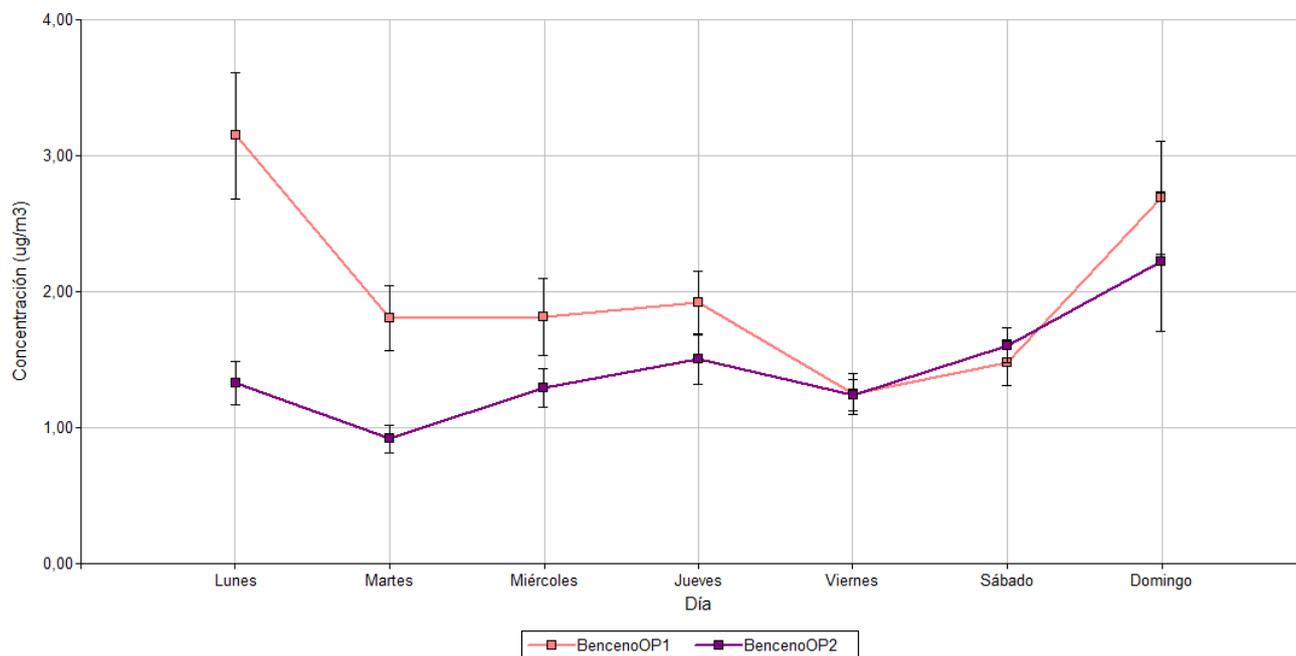


Figura 38. Valores de concentración (media \pm error estándar) de benceno- 1h ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) por días de semana medido en los equipos de Paso Abierto (OP1 y OP2) ubicados en Dock Sud (octubre-noviembre de 2015).



2. ANÁLISIS DE EXCEDENCIAS DE SO₂

A partir de la detección de excedencias en el período trimestral de junio-agosto de 2015 en la EMC ubicada en Dock Sud, a continuación se presenta un análisis detallado de los valores de concentración de SO₂ y el grado



de cumplimiento/incumplimiento de la Res. N° 02/07 de ACUMAR, la meteorología en los días de excedencia y las principales fuentes emisoras de este contaminante.

2.1. VALORES DE CONCENTRACIÓN DE SO₂ – CUMPLIMIENTO DE RESOLUCIÓN N° 02/07 DE ACUMAR

En las Figuras 39 y 40 se presentan los valores de concentración de SO₂ (para 3 y 24 h) desde 2013 a la fecha en Dock Sud, y se observa que, en desde finales del año 2013 y de manera continuada hasta la fecha, se han registrado sucesivas excedencias de este contaminante.

Figura 39. Incremento de la concentración de SO₂ (medias móviles - 3 h) medida en la Estación de Monitoreo Continuo y Automático (EMC) ubicada en Dock Sud (período 2013-2015). Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

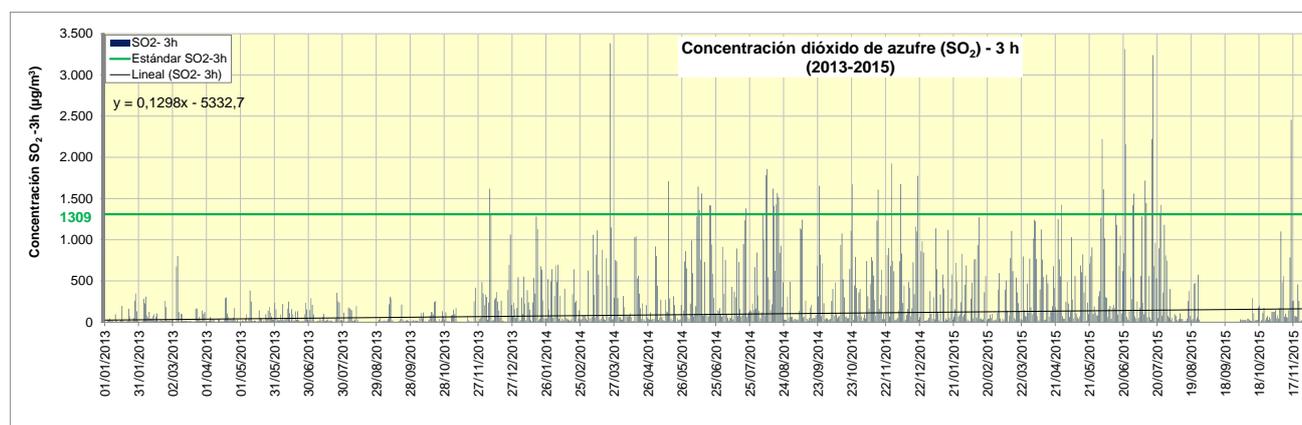
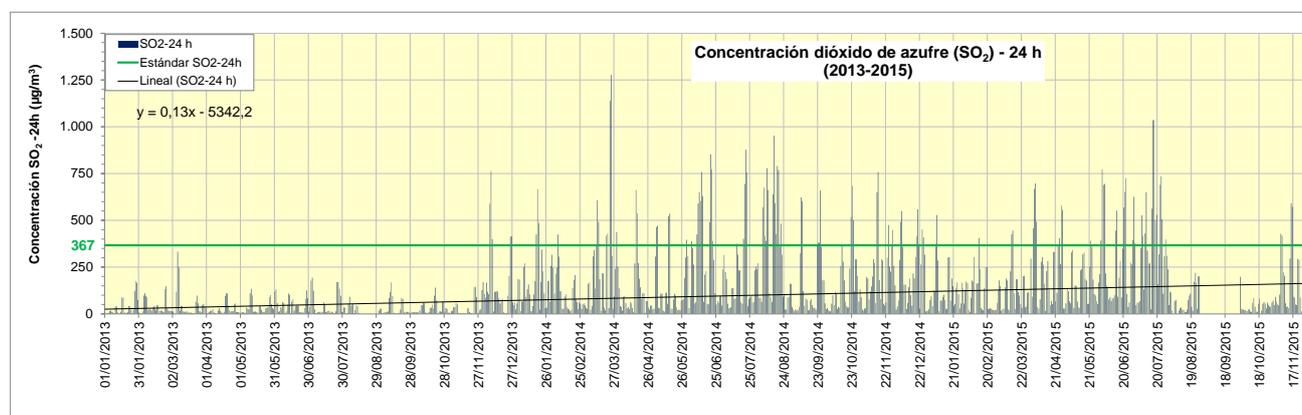


Figura 40. Incremento de la concentración de SO₂ (medias móviles - 24 h) medida en la Estación de Monitoreo Continuo y Automático (EMC) ubicada en Dock Sud (período 2013-2015). Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



2.1.1. ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE RESOLUCIÓN N° 02/07 PARA SO₂

Con el objetivo de verificar el grado de cumplimiento de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR de Calidad de Aire para los valores de concentración de SO₂, se presenta a continuación el extracto de la normativa y el correspondiente cálculo de los valores a ser regulados (Tabla 10).

Tabla 10. Extracto de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR de Calidad de Aire para los valores de concentración de SO₂.

Parámetros	Tiempo de promedio	Estándar Res. N°02/2007 (mg/m ³)	Estándar Res. N°02/2007 (ppm)	EPA (mg/m ³)
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3 h ⁽²⁾	1,309	0,500	1,300
	24 h ⁽⁴⁾	0,367	0,140	0,365
	1 año (promedio aritmético) ⁽⁵⁾	0,079	0,030	0,080

ppm: partes por millón.

mg/m³: miligramos por metro cúbico

Los estándares están expresados en CNPT.

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.

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.

<http://www.epa.gov/air/criteria.html>

Al realizar el análisis de los valores de concentración de SO₂ en ACUMAR, se realiza un análisis de medias consecutivas y móviles. Sin embargo, con la finalidad de evaluar el grado de cumplimiento de la normativa, a continuación presentamos los valores correspondientes a:

- El percentil 98 –P (98)- del valor promedio temporal de 3 horas consecutivas (*no móviles*) de 3 años consecutivos (Tabla 11).
- El percentil 98 –P (98)- del valor promedio temporal de 24 horas consecutivas (*no móviles*) de 3 años consecutivos (Tabla 12).
- El promedio de las medias anuales de 3 años consecutivos (Tabla 13).

Tabla 11. Valores de concentración de SO₂ - 3h medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (2010- 2015) y su grado de cumplimiento de la Norma (Res. ACUMAR N° 02/07). Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Año	Variable	n (horas/año)	P(98) (µg/m ³)	P(98) 3 años consecutivos (µg/m ³)	Res. N° 02/07 SO ₂ -3h
2010	SO ₂ -3h (µg/m ³)	616	138,33	661,67	1309 µg/m ³
2011		3463	246,50		
2012		7818	273,00		
2013		7860	249,67		
2014		8162	996,67		
2015		6921	845,67		

n: número de horas al año que cuentan con mediciones; *P(98)*: Percentil 98; en negrita se identifican los 3 años de datos consecutivos que han sido utilizados para contrastar con la Resolución N° 02/07 de ACUMAR por contar con una mayor cantidad de mediciones al año. En verde se identifica el valor que indica el cumplimiento de la norma.

Tabla 12. Valores de concentración de SO₂ - 24h medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (2010- 2015) y su grado de cumplimiento de la Norma (Res. ACUMAR N° 02/07). Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Año	Variable	n (horas/año)	P(98) (µg/m ³)	P(98) 3 años consecutivos (µg/m ³)	Res. N° 02/07 SO ₂ -24h
2010	SO ₂ -24h (µg/m ³)	622	79,63	525,71	367 µg/m ³
2011		3254	154,57		
2012		7584	203,83		
2013		7830	176,45		
2014		8153	677,57		
2015		6874	626,33		

n: número de horas al año que cuentan con mediciones; *P(98)*: Percentil 98; en negrita se identifican los 3 años de datos consecutivos que han sido utilizados para contrastar con la Resolución N° 02/07 de ACUMAR por contar con una mayor cantidad de mediciones al año. En naranja se identifica el valor que indica el incumplimiento de la norma.

Tabla 13. Valores de concentración de SO₂ – 1 año medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (2010- 2015) y su grado de cumplimiento de la Norma (Res. ACUMAR N° 02/07). Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Año	Variable	n (horas/año)	Media anual (µg/m ³)	Media anual 3 años consecutivos (µg/m ³)	Res. N° 02/07 SO ₂ -1 año
2010	SO ₂ -1 año (µg/m ³)	635	23,94	71,12	79 µg/m ³
2011		3425	28,74		
2012		7772	37,93		
2013		7787	32,92		
2014		8116	139,55		
2015		6890	120,06		

n: número de horas al año que cuentan con mediciones; en negrita se identifican los 3 años de datos consecutivos que han sido utilizados para contrastar con la Resolución N° 02/07 de ACUMAR por contar con una mayor cantidad de mediciones al año. En verde se identifica el valor que indica el cumplimiento de la norma.

Si bien al considerar los parámetros establecidos en la Resolución se está cumpliendo con la normativa para SO₂ (parámetros 3hy anual), debe tenerse en cuenta el hecho de que en el año 2014 se ha detectado un incremento significativo y sostenido de los valores de concentración que deben ser considerados.

2.1.2. ANÁLISIS DE EXCEDENCIAS PARA EL PERÍODO BAJO ESTUDIO (OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2015)

Con respecto al período octubre-noviembre de 2015, las siguientes excedencias diarias y horarias (Tabla 14) fueron detectadas (para SO₂ 3 y 24 h-medias móviles consecutivas):

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 bimestre fueron SO₂ 3h: 0,065 ± 0,145 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,065 ± 0,097 mg/m³. Los valores máximos horarios y diarios alcanzados fueron: **Octubre:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,061 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,095 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,294 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,198 mg/m³. **Noviembre:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,594 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,481 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 2,455 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,591 mg/m³. En función de los valores horarios observados, no se verifica el cumplimiento de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR (para 3 y 24 h).

Tabla 14. Análisis de excedencias de SO₂ (3h y 24 h) medido en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) en Dock Sud y regulado por la Res. N° 02/07 de ACUMAR (período: octubre-noviembre de 2015). Los valores son presentados en mg/m³.

Parámetro	Tiempo de promedio	Octubre			Noviembre			Res. N°02/07 ACUMAR (mg/m ³)
		Fechas de excedencias	Máx. diario (mg/m ³)	Máx. horario (mg/m ³)	Fechas de excedencias	Máx. diario (mg/m ³)	Máx. horario (mg/m ³)	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3 h	S/E	0,061	0,294	15	0,594	2,455	1,309
	24 h	S/E	0,095	0,198	06, 07, 15, 16	0,481	0,591	0,367

Tiempo de promedio: promediación de los parámetros en función del tiempo según lo establecido por la Res. N° 02/07 de ACUMAR.

Fechas de excedencias: días del mes que se alcanzó un valor máximo diario u horario por encima de lo establecido en la **Res. N° 02/07 de ACUMAR** para SO₂ (3 y 24 h).

Máx. diario: valor máximo en el período de 24 h de promediación para las medias móviles de SO₂ (3 y 24 h)

Máx. horario: valor máximo en el período de 1 h de promediación para las medias móviles de SO₂ (3 y 24 h).

S/E: días sin excedencias. En negrita se identifican los valores que excedieron la Res. N° 02/07 de ACUMAR

2.1.3. ANÁLISIS DE LA METEOROLOGÍA EN LOS DÍAS DE EXCEDENCIAS

A partir de las excedencias registradas del parámetro SO₂ para los períodos de 3 y 24 h, se procede a analizar la meteorología reinante durante estos períodos.

Figura 41. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad de vientos correspondiente a los meses de octubre-noviembre de 2015. Datos meteorológicos obtenidos de la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud.

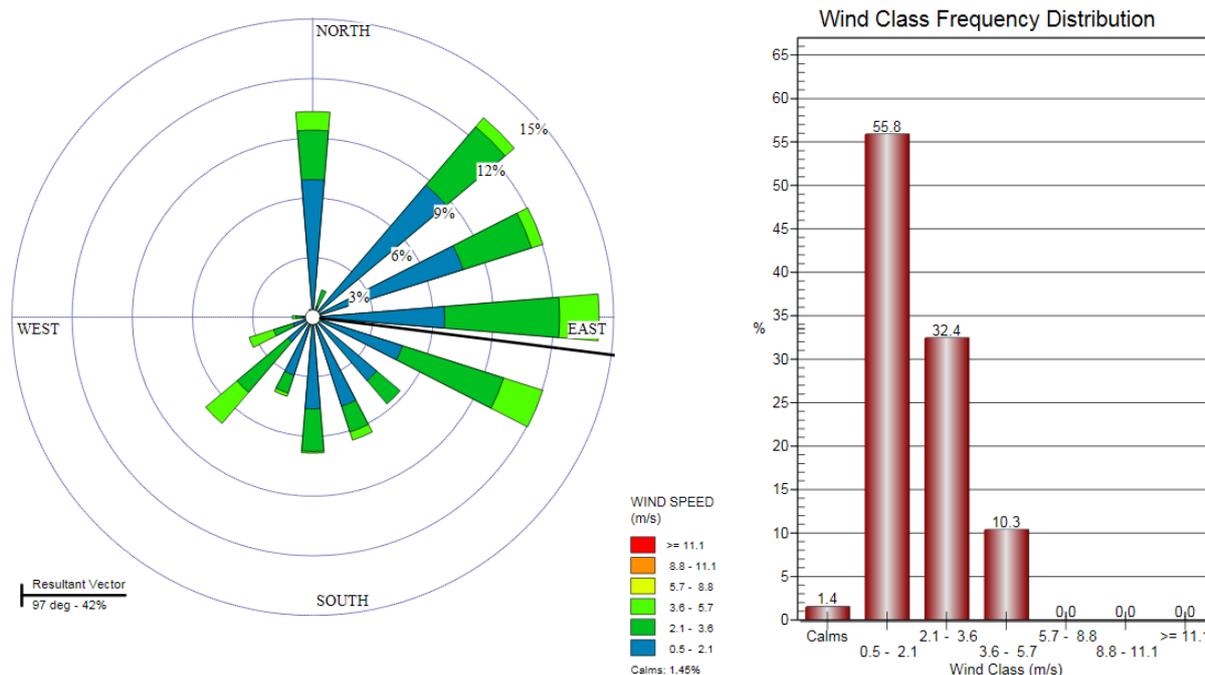


Tabla 13. Medidas resumen de la meteorología registrada en la estación meteorológica de la EMC durante el trimestre junio-agosto de 2015.

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Temperatura (°C)	1173	18,06	3,67	7,20	27,30
Humedad Relativa (%)	1173	74,40	14,13	30,00	97,00
Presión atmosférica (hPa)	1173	1014,2	6,08	997,3	1029,4
Velocidad del viento (m/s)	1173	4,32	1,78	0,00	11,17
Lluvias (mm)	1173	0,05	0,56	0,00	12,19

En comparación con el trimestre anterior (junio-agosto de 2015), la temperatura media registrada para el período fue 4 °C mayor, y con vientos menos intensos (en promedio 4,32 m/s, con un 55,8% de frecuencia de velocidad de vientos en el rango entre 0,5 y 2,1 m/s; un 1,4% de calmas y sin registro de vientos intensos mayores a 5,7 m/s). A diferencia del trimestre anterior en el cual se observaba una predominancia de viento

del N, en este período se observa que se registraron vientos provenientes de varias direcciones, principalmente del E, NE, N, seguido de ESE y ENE. La humedad relativa se mantuvo estable como así también los valores medios de precipitaciones.

A continuación se analizan las concentraciones horarias de SO₂ que derivaron en excedencias para los parámetros de 3 h y/o 24 h, la meteorología horaria y las rosas de los vientos horarias que fueron elaboradas puntualmente para las excedencias de SO₂ registradas.

Figura 42. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 06 y 07 de noviembre de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

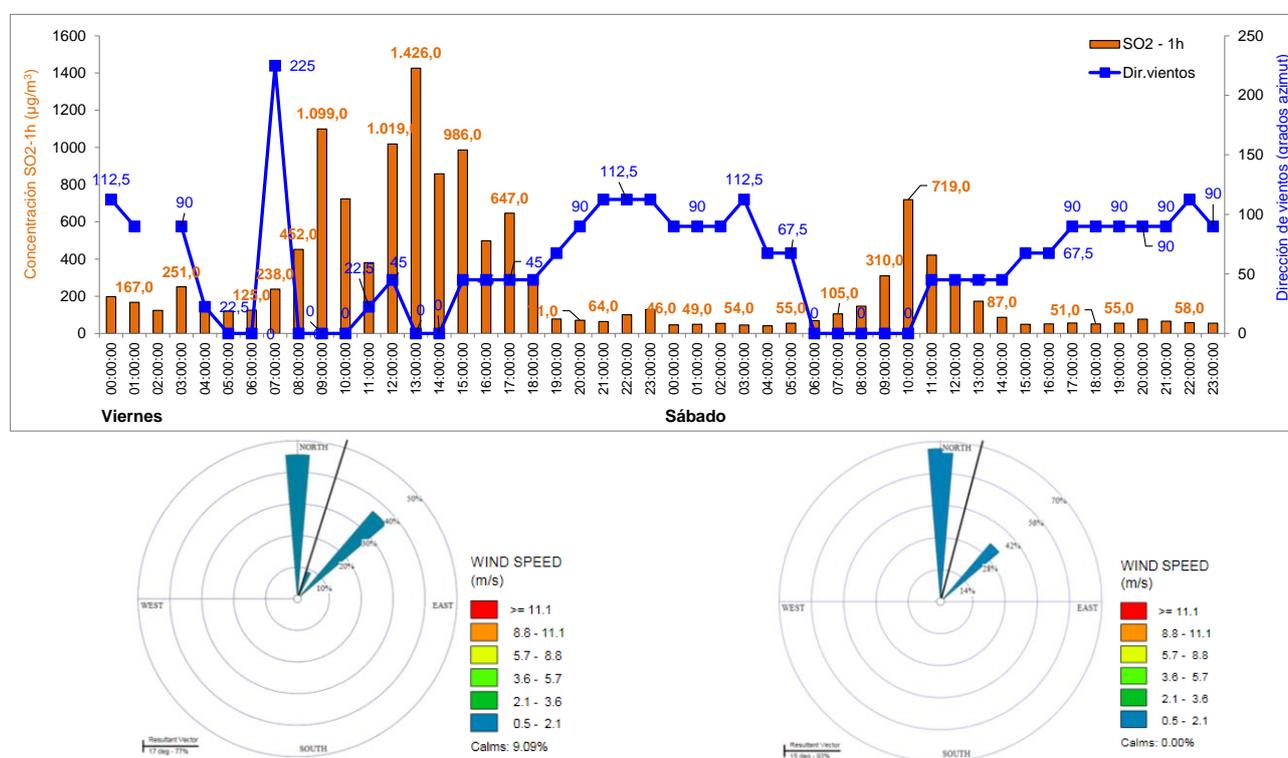
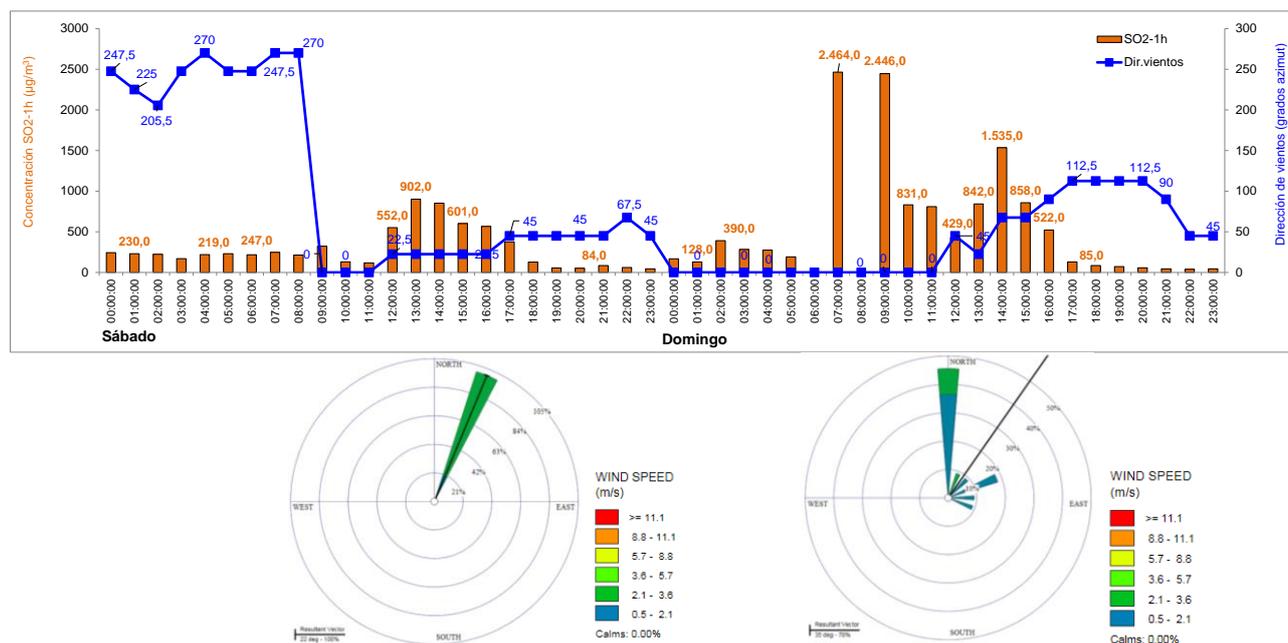
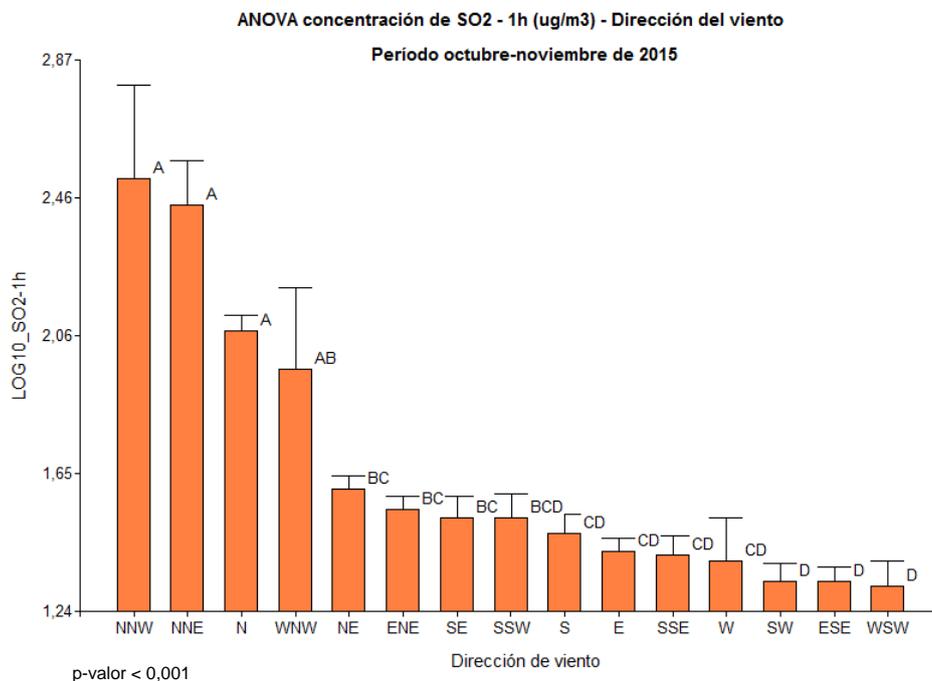


Figura 43. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 14 y 15 de noviembre de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.



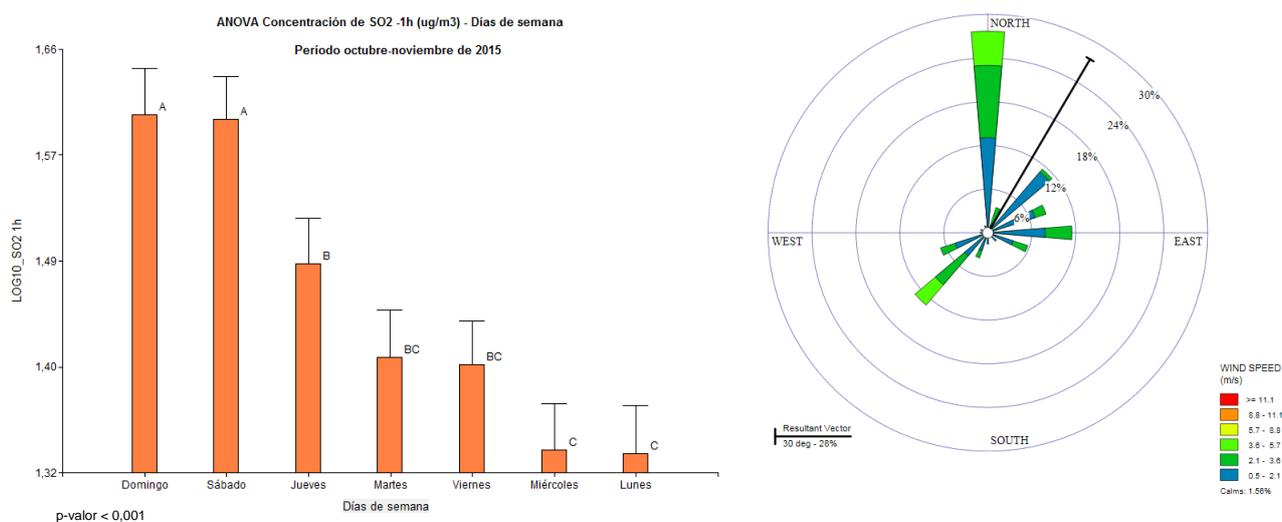
A partir del análisis de la meteorología, se observa que las excedencias de SO₂ registradas por la EMC en Dock Sud están influenciadas en parte por la dirección de vientos (Figura 44), siendo las principales direcciones que inciden significativamente (con un nivel de probabilidad de 0,001) en las excedencias: NNW, NNE y N (coincidiendo con la ubicación de gran parte de las industrias emisoras de SO₂ y con el ANOVA del trimestre anterior de junio-agosto). Por otra parte, para este período (puntualmente para el mes de noviembre) se observa que las concentraciones de SO₂ fueron significativamente mayores los días sábado y domingo (Figura 45), aunque no se hallaron diferencias significativas en relación a las horas del día. Al analizar la rosa de los vientos para los días sábado y domingo se observa que se registraron vientos leves a moderados predominantemente del N (coincidiendo con la ubicación de gran parte de las industrias emisoras de SO₂). Es decir que la meteorología reinante (vientos intensos del N) es la que determinó la detección de las excedencias registradas por la EMC.

Figura 44. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de SO₂ (µg/m³) (octubre-noviembre de 2015) medida en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para las diferentes direcciones de viento (media ± error estándar).



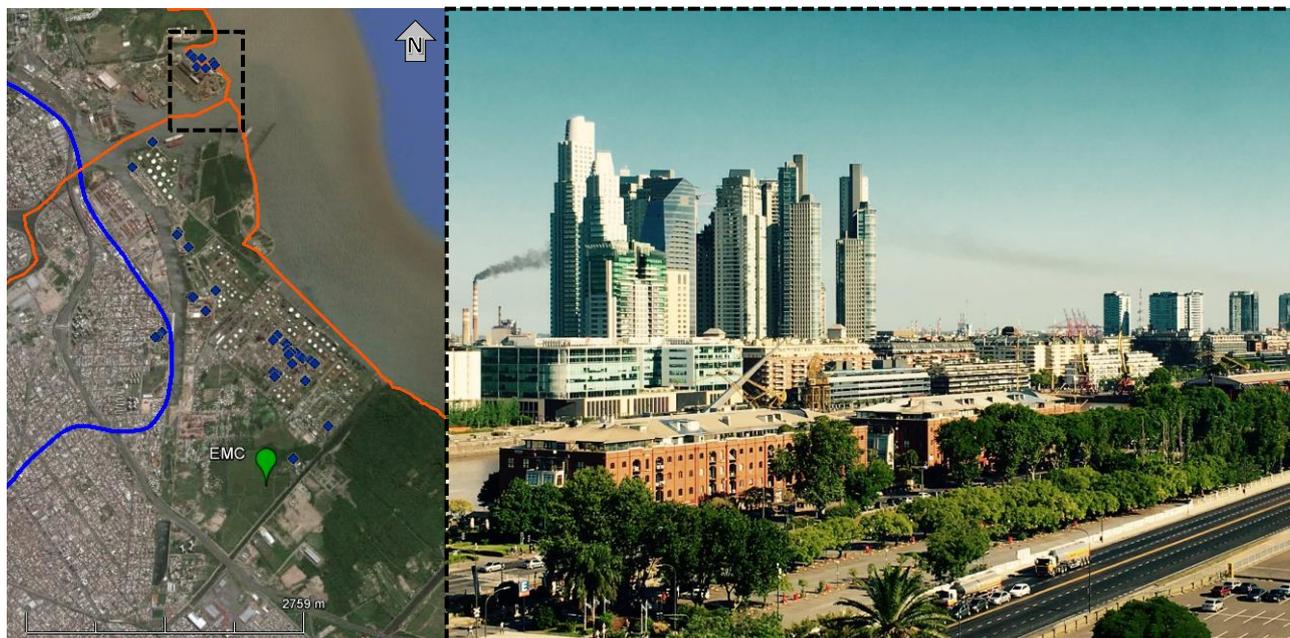
Dado que la variable no cumplió con el supuesto de normalidad, esta fue transformada a Log₁₀ a fin de ser tratada como variable paramétrica.

Figura 45. a) Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de SO₂ (µg/m³) (período octubre y noviembre de 2015) medida en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para los diferentes días de semana (media ± error estándar); **b)** Rosa de los vientos de los días sábado y domingo de octubre y noviembre.



Dado que la variable no cumplió con el supuesto de normalidad, esta fue transformada a Log₁₀ a fin de ser tratada como variable paramétrica.

Figura 46. Identificación de las fuentes que declaran la emisión de este contaminante (chimeneas) en Dock Sud y sus alrededores, y fotografía registrando las emisiones de la Central Térmica Endesa Costanera.



Fotografía Atención Agustina Ocampo, fecha 27/12/2015.

3. MONITOREO DISCONTINUO Y MANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE

3.1. RESULTADO DE PARÁMETROS MEDIDOS EN LOS SITIOS DE MONITOREO PARA EL PERÍODO OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2015

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 PM₁₀: Muestreador de Referencia PM10 RFPS-1298-125. Código Federal de Regulaciones (CFR) **Título 40 Parte 50 Apéndice J:** "Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 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 PM_{2.5}: Muestreador de Referencia PM2.5 RFPS-0498-116. Código Federal de Regulaciones (CFR) **Título 40 Parte 50 Apéndice L:** "Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as 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 47):

- 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 27 y 28 de octubre de 2015; 03, 04, 05, 10, 24, y 30 de noviembre de 2015.
- En **Dock Sud**, en la Unidad Sanitaria San Martín de Porres en Dock Sud, ubicada en la esquina de la calle Góngora y Galileo Galilei, de la Villa Inflamable (S: 34° 39' 29.20" y O: 58° 19' 55.87") durante los días 26, 28 y 30 de octubre de 2015; y en el puesto central de Prefectura Naval Argentina (S: 34°38'37.36" y O: 58°20'17.56"), durante los días 05, 06, 07, 10, 11 y 26 de noviembre de 2015.
- 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 26 y 30 de noviembre de 2015.
- 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 13, 14, 16, 18, 20, 21, 23 y 24 de noviembre de 2015.

Figura 47. Ubicación de los sitios de monitoreo de mediciones manuales.



A continuación (Tabla 14) 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 cuatro áreas de estudio.

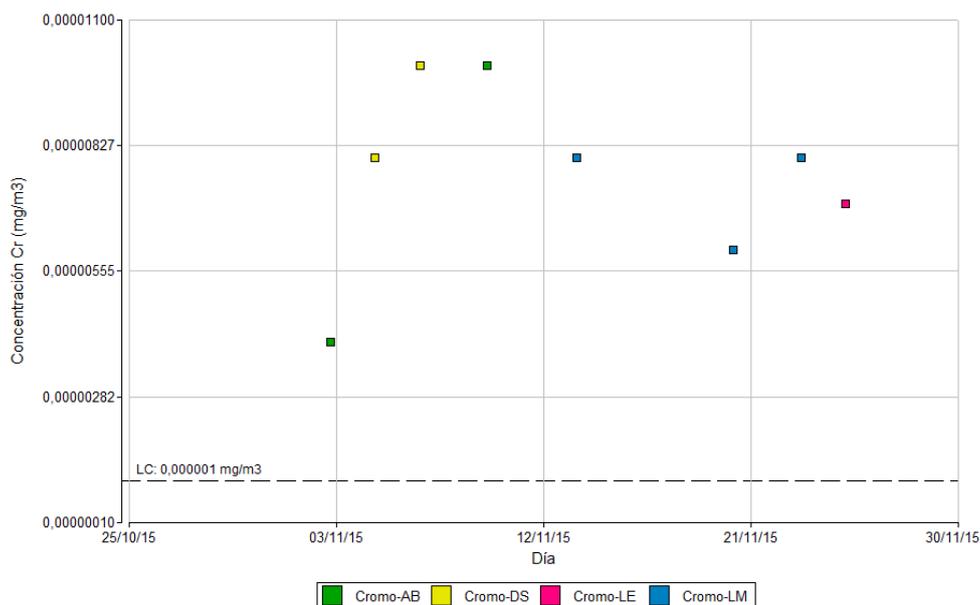
Hubieron ciertos parámetros para los cuales las mediciones se encontraron por debajo de los Límites de Cuantificación (LC): dióxido de azufre, mercaptanos, níquel, vanadio y niebla ácida. En el caso de aquellos parámetros para los cuales las mediciones se encontraron por encima del LC, se presenta gráficamente la dispersión de los datos en el tiempo (Figuras 48-55). 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 14. Resumen general del monitoreo en las cuatro áreas de estudio (Almirante Brown, Dock Sud, Lanús Este y La Matanza) para el período octubre-noviembre de 2015.

Compuestos	Tiempo de muestreo	Frecuencia de muestreo	Unidad	Almirante Brown-SIPAB										Dock Sud						Lanús Este		La Matanza							
				Octubre de 2015		Noviembre de 2015						Octubre de 2015		Noviembre de 2015				Noviembre de 2015		Noviembre de 2015									
				27	28	3	4	5	10	24	30	26	28	30	5	6	7	10	11	26	26	30	13	14	16	18	20	21	23
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	<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	
	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	<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	<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	<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			4E-06			0,00001					0,000008		0,00001			0,000007			8E-06			6E-06		0,000008	
	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	
	Cadmio	24 h	1 día al mes	mg/m ³			8E-07			<0,0000001					<0,0000001		<0,0000001			<0,0000001			3,3E-06			8E-07		<0,0000001	
	Niquel	24 h	1 día al mes	mg/m ³			<0,000001			<0,000001					<0,000001		<0,000001			<0,000001			<0,000001			<0,000001		<0,000001	
	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	
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			<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	
Material Particulado	PM10	24 h	1 día al mes	mg/m ³			0,06			<0,05					0,15		0,14			<0,05			<0,05			<0,05		<0,05	
	PM2.5	24 h	1 día al mes	mg/m ³			0,025			<0,025					<0,025		0,03			<0,025			<0,025			<0,025		0,03	
	Coarse	24 h	1 día al mes	mg/m ³			0,03			---					---		0,11			---			---			---		---	
Compuestos Orgánicos Volátiles	Benceno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³	0,0011	0,0012	<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010	<0,0010	0,0027	0,0021		<0,0010		<0,0010	<0,0010	0,0063	<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010		<0,0010	<0,0010	
	Tolueno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³	0,0063	0,0021	0,0056	<0,0010	<0,0010		0,001	0,0035	0,0033			<0,0010		0,0012	<0,0010	0,0044	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010		0,0021	
	m.p-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³	<0,0020	<0,0020	0,0028	<0,0020	<0,0020		<0,0020	<0,0020	<0,0020	0,0036		<0,0020		0,0021	<0,0020	0,0024	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020		<0,0020	
	o-Xileno	40 min.	3 días al mes	mg/m ³	<0,0010	<0,0010	0,0011	<0,0010	<0,0010		<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0016		<0,0010		<0,0010	<0,0010	0,0012	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010		<0,0010		<0,0010	

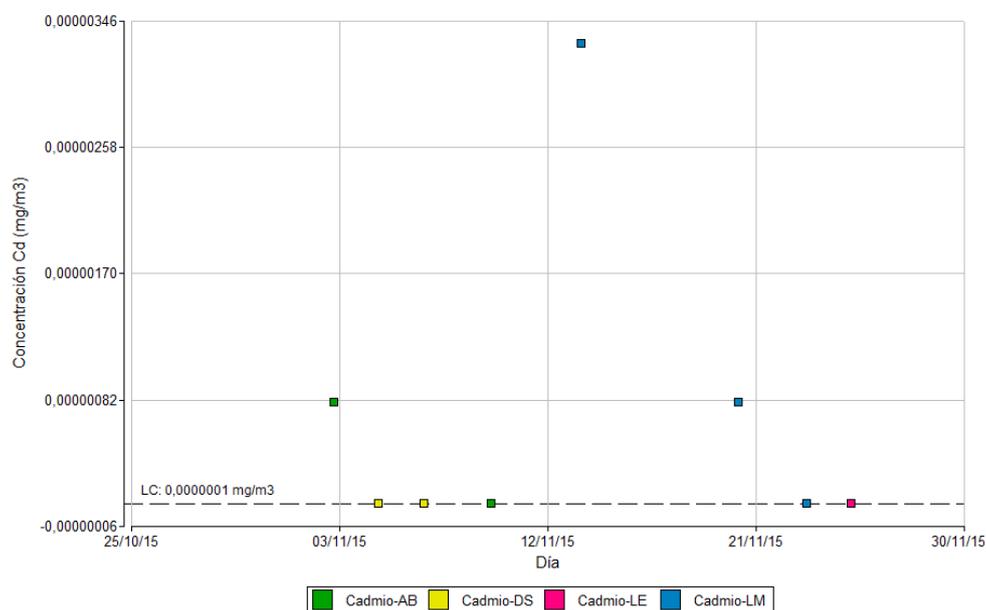
Con respecto a los valores de concentración de Cr Total (Figura 48), éstos estuvieron por encima del LC en todas las mediciones del período (2 mediciones por sitio). Los valores de concentración fueron muy similares entre sí, hallándose en el rango de 0,004 – 0,010 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Al determinarse 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 48. Concentración de Cr (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



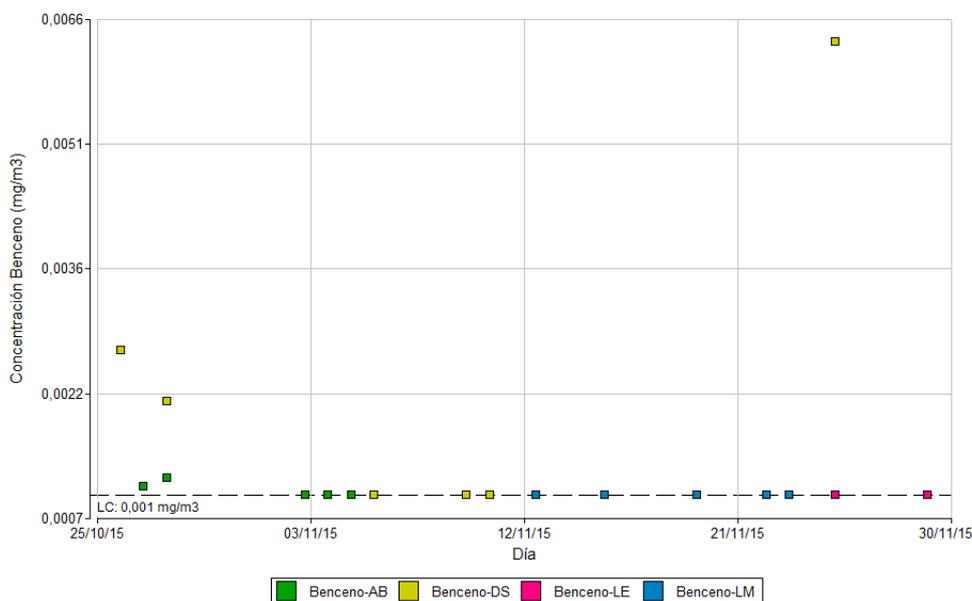
Los valores de concentración de Cd (Figura 49), estuvieron por encima del LC en 3 mediciones efectuadas en Almirante Brown, Lanús y La Matanza, hallándose en el rango de 0,0008 – 0,0033 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las mediciones de Almirante Brown y Lanús (ambas de 0,0008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) estuvieron por debajo del estándar establecido por el Gobierno de Ontario, Canadá (MOE, 2012) de 0,0025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, mientras que la medición realizada en La Matanza (0,0033 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de fecha 14/11/2015), estuvo por encima de este valor.

Figura 49. Concentración de Cd (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



Para el caso de los valores de concentración de benceno (Figura 50) de las 20 mediciones realizadas, 5 estuvieron por encima del LC en Almirante Brown y Dock Sud, con valores entre 1,1 y 6,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor de 6,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fue llamativamente alto en comparación al resto de las mediciones, y se obtuvo en el sitio de Dock Sud el día 26/11/2015. Al no haber un marco regulatorio en el ámbito provincial, nacional o internacional que contemple el tiempo promedio de medición de 40 minutos, se compararon estos resultados con el valor establecido en el Decreto 831/93 (Reglamentación de la Ley 24.051) para 20 minutos de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Anexo II, Tabla 10: Nivel Guía de Calidad del Aire Ambiental). Si bien las mediciones se encuentran ampliamente por debajo de este valor, el estándar estaría desactualizado, considerando los avances abordados en el ámbito internacional (OMS, UE).

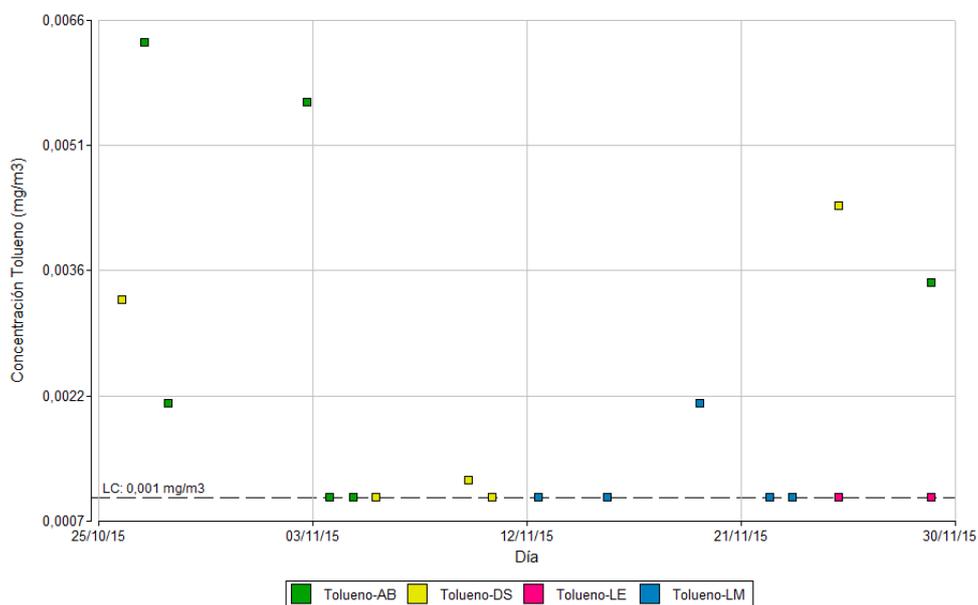
Figura 50. Concentración de benceno (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



De los valores de concentración de tolueno (Figura 51) de las 19 mediciones realizadas, 9 estuvieron por encima del LC (5 en Almirante Brown, 3 en Dock Sud y 2 en La Matanza) con valores entre 1 y $6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hallándose los valores más elevados en el sitio de monitoreo en Almirante Brown. De igual manera que para benceno, al no haber un marco regulatorio que contemple el tiempo promedio de medición de 40 minutos, se compararon estos resultados con el valor establecido en el Decreto 831/93 para 30 minutos que es de $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Anexo II, Tabla 10: Nivel Guía de Calidad del Aire Ambiental). Los valores medidos se encuentran muy por debajo de este estándar.

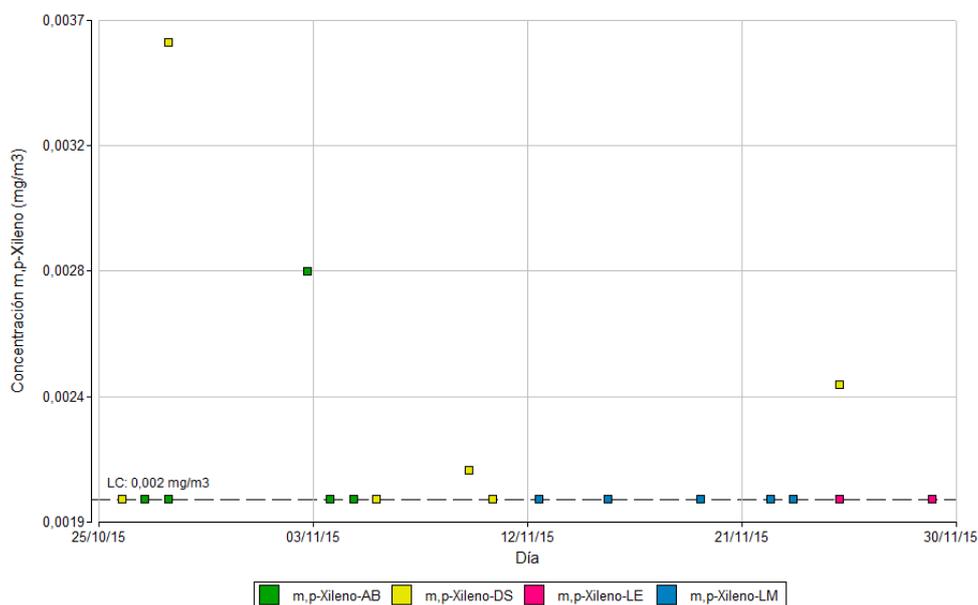


Figura 51. Concentración de tolueno (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



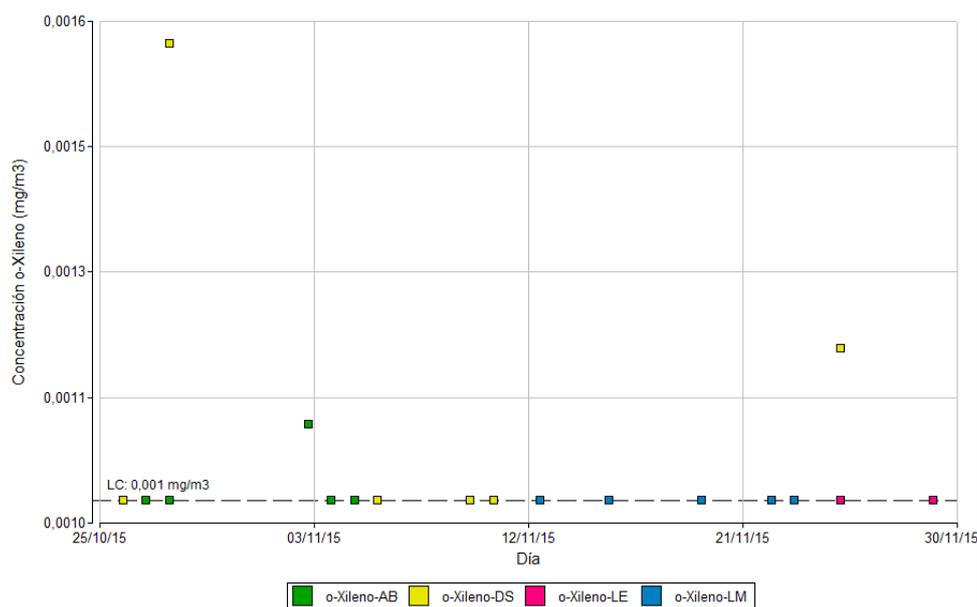
Con respecto a los valores de concentración de m,p-xileno (Figura 52), de las 20 mediciones realizadas, 4 estuvieron por encima del LC (1 en Almirante Brown, 3 en Dock Sud), con valores entre 2,1 y 3,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual manera que los otros contaminantes analizados, al no haber un marco regulatorio que contemple el tiempo promedio de medición de 40 minutos, se compararon estos resultados con el valor establecido en el Decreto 831/93 para 30 minutos que es de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Anexo II, Tabla 10: Nivel Guía de Calidad del Aire Ambiental). Los valores medidos se encuentran muy por debajo de este estándar.

Figura 52. Concentración de m,p-xileno (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



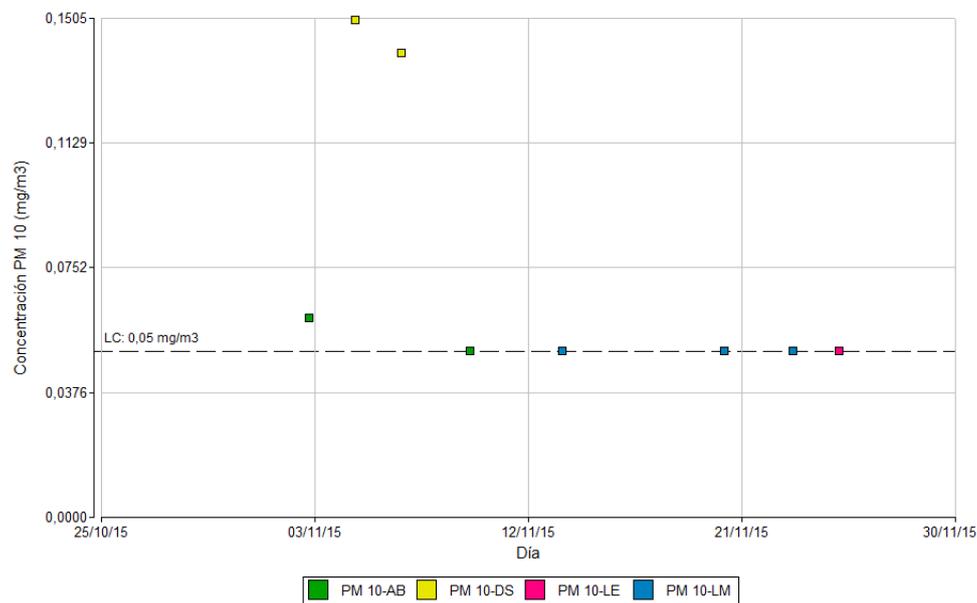
Con respecto a los valores de concentración de o-xileno (Figura 53), de las 20 mediciones realizadas, 3 estuvieron por encima del LC (1 en Almirante Brown, 2 en Dock Sud), con valores entre $1,1$ y $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual manera que los otros contaminantes analizados, al no haber un marco regulatorio que contemple el tiempo promedio de medición de 40 minutos, se compararon estos resultados con el valor establecido en el Decreto 831/93 para 30 minutos que es de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Anexo II, Tabla 10: Nivel Guía de Calidad del Aire Ambiental). Los valores medidos se encuentran muy por debajo de este estándar.

Figura 53. Concentración de o-xileno (mg/m^3) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



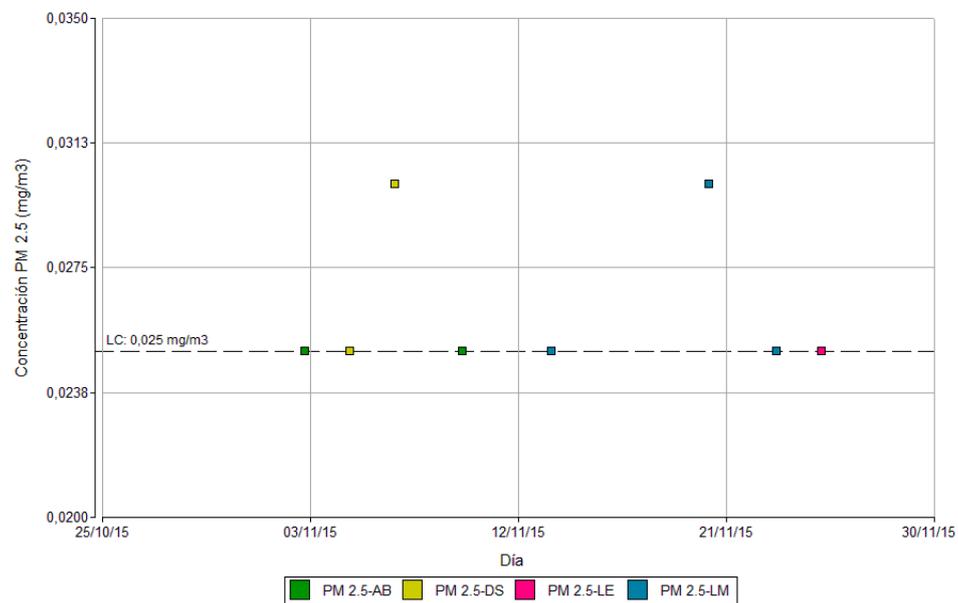
Para el caso de los valores de concentración de PM_{10} en 24 h (Figura 54), 3 mediciones estuvieron por encima del LC (1 en Almirante Brown y 2 en Dock Sud). Almirante Brown exhibió un valor de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en Dock Sud los valores fueron $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (estándar PM_{10} -24 h: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Resolución ACUMAR N° 02/07), pudiendo deberse estos valores elevados en parte a la ubicación del sitio de monitoreo en inmediaciones de calles sin pavimentar con elevado tránsito de camiones.

Figura 54. Concentración de PM₁₀ (mg/m³) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. LC: Límite de Cuantificación.



Para el caso de los valores de concentración de PM_{2.5} en 24 h (Figura 55), 2 mediciones estuvieron por encima del LC, en Dock Sud y La Matanza, ambas con un valor de 30 µg/m³. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un Valor Guía de Calidad de Aire (GCA) para PM_{2.5} de 25 µg/m³, partiendo de objetivos intermedios progresivos de 75 µg/m³, 50 µg/m³ y finalmente 37,5 µg/m³. La normativa de ACUMAR aún no regula particulado fino, y si consideramos el valor GCA de la OMS, estas mediciones se encuentran ligeramente por encima de este límite. Es importante reconocer el hecho que este valor GCA coincide con el LC del equipo de medición de PM_{2.5}.

Figura 55. Concentración de PM_{2.5} (mg/m³) medida en las cuatro áreas de estudio en los meses de octubre y noviembre de 2015. 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
