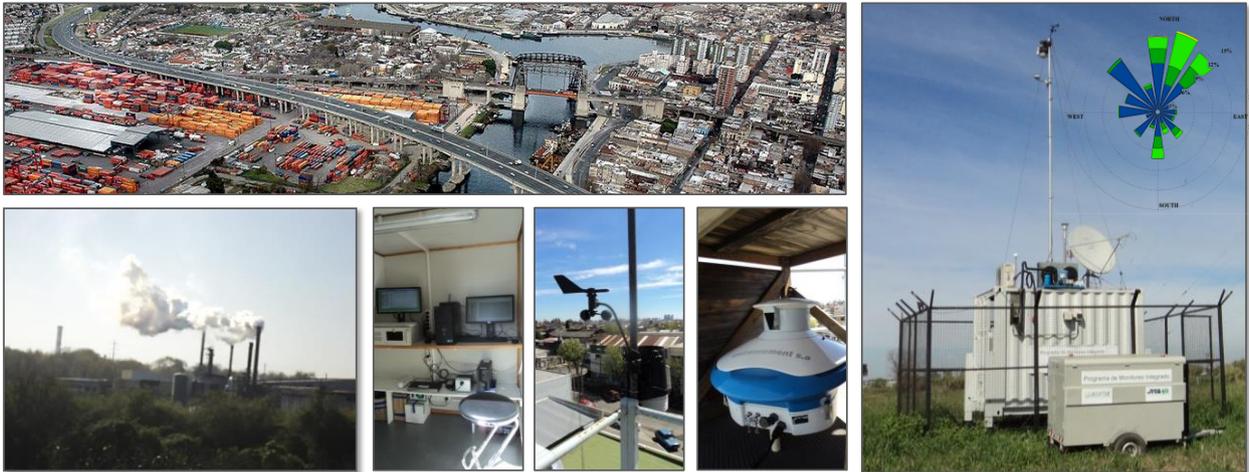


CUENCA MATANZA RIACHUELO

Monitoreo de Calidad del Aire

Informe Trimestral Junio – Agosto de 2015

Análisis e Interpretación de Resultados



ACUMAR

AUTORIDAD DE CUENCA MATANZA RIACHUELO

**Dirección General Técnica
Coordinación de Calidad Ambiental**

Octubre de 2015



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 el trimestre junio-agosto 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.....	28
1.2.1. Resultados de parámetros medidos con los equipos Open Path para el trimestre Junio - Agosto de 2015.....	29
1.2.2. Análisis de tendencia en la concentración de benceno detectada en los Open Paths 1 y 2.....	34
2. Análisis de excedencias de SO₂.....	39
2.1. Valores de Concentración de SO ₂ – cumplimiento de Resolución N° 02/07 de ACUMAR.....	39
2.1.1. Análisis de cumplimiento de Resolución N° 02/07 para SO ₂	40
2.1.2. Análisis de excedencias para el período trimestral (junio-agosto de 2015).....	43
2.1.3. Análisis de la meteorología en los días de excedencias	45
3. Acciones llevadas a cabo a partir de la detección de excedencias en el trimestre junio–agosto de 2015	53
3.1. Notificación de las excedencias de SO ₂	53
3.2. Evaluación del equipo analizador de SO ₂	53
Referencias.....	55

RESUMEN

El presente informe contiene un análisis de las actividades desarrolladas en el marco de proyecto de *"Medición y Estudio de la Contaminación Atmosférica para la vigilancia y protección de la calidad de aire de la Cuenca Matanza – Riachuelo"*. En el mismo se presentan los resultados de las tareas desarrolladas durante el período **junio – agosto de 2015** correspondientes a Monitoreos Continuos de Contaminantes de Criterio y Parámetros Meteorológicos en Dock Sud y su área de influencia.

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), identificando la localización de los sitios de monitoreo, los parámetros monitoreados y sus métodos de medición.
- (ii) Análisis del cumplimiento de la normativa de calidad de aire de ACUMAR (Res. N° 02/07) para los parámetros de criterio.
- (iii) Análisis de tendencias y variabilidad horaria de los parámetros medidos.
- (iv) Análisis de excedencias detectadas.
- (v) Acciones llevadas a cabo en función a las 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.

Por otra parte, mediante Expte. N° 909/2014 se llamó a una nueva licitación (en la cual se amplía la red de monitoreo de ACUMAR: *"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"*). La misma ya fue adjudicada y se entregó la Orden de Compra respectiva a la empresa adjudicataria JMB S.A.

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 AGOSTO 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 la Etapa de los *"Estudios de la Contaminación Atmosférica, Monitoreo de la Calidad del Aire y Parámetros Meteorológicos en la Cuenca Matanza Riachuelo"* que contempla la medición de: siete (7) parámetros meteorológicos, diecisiete (17) parámetros de compuestos contaminantes en forma continua con una estación automática de última generación, de los cuales cinco (5) parámetros están normados por la Resolución N° 02/07 de ACUMAR, también considerados de criterio (aquellos cuyos valores estimados en el campo son contrastados con los niveles normados por Resolución ACUMAR) y once (11) parámetros no normados.

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 los meses de junio, julio y agosto 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, benceno, tolueno, etilbenceno, m-p xileno, o-xileno y material particulado PM_{2.5}.

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 no se presentan resultados de campañas de monitoreo de estos compuestos en cuatro zonas de la Cuenca, debido a que las mismas fueron finalizadas el 15 de abril de 2014. Al respecto se confeccionaron los TDR de un nuevo llamado integral de Monitoreo de Calidad de Aire (Expte. N° 909/2014) que comprende a los monitoreos puntuales en ocho (8) zonas de la Cuenca, el mismo ya fue licitado, se realizó el informe técnico de pre adjudicación y actualmente está en la etapa administrativa de adjudicación de la licitación.

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 en forma continua y automática la presencia de contaminantes de criterio normados por la Resolución ACUMAR Nº 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 para la vigilancia y protección de la calidad de aire de la Cuenca Matanza – Riachuelo"*, 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 junio a agosto de 2015, detectando e identificando eventos significativos en la evaluación de la calidad de aire en los sitios de monitoreo. En función de lo expuesto, el presente documento contiene una serie de conclusiones preliminares que permiten conocer la calidad de aire de la zona de estudio emplazada en Dock Sud.

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 junio - agosto 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 EL TRIMESTRE JUNIO-AGOSTO 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 junio a las 00:00 h hasta el 26 de agosto 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, NOx) - **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 ($\text{PM}_{2.5}$) - **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 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), 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, correspondientes a los meses de junio, julio y agosto 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 y 8h)
- 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 y 8h)
- 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
Plomo (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 trimestre bajo estudio (junio-agosto de 2015) 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 trimestre fueron CO 1h: 1,362 ± 1,450 mg/m³ – CO 8h: 1,370 ± 1,423 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Junio**: máximos diarios CO 1h: 4,37 mg/m³ – CO 8h: 4,69 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 7,09 mg/m³ – CO 8h: 6,20 mg/m³; **Julio**: máximos diarios CO 1h: 2,00 mg/m³ – CO 8h: 2,65 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 4,20 mg/m³ – CO 8h: 4,20 mg/m³; **Agosto**: máximos diarios CO 1h: 1,13 mg/m³ – CO 8h: 1,30 mg/m³ y máximos horarios CO 1h: 3,00 mg/m³ – CO 8h: 2,33 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 junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

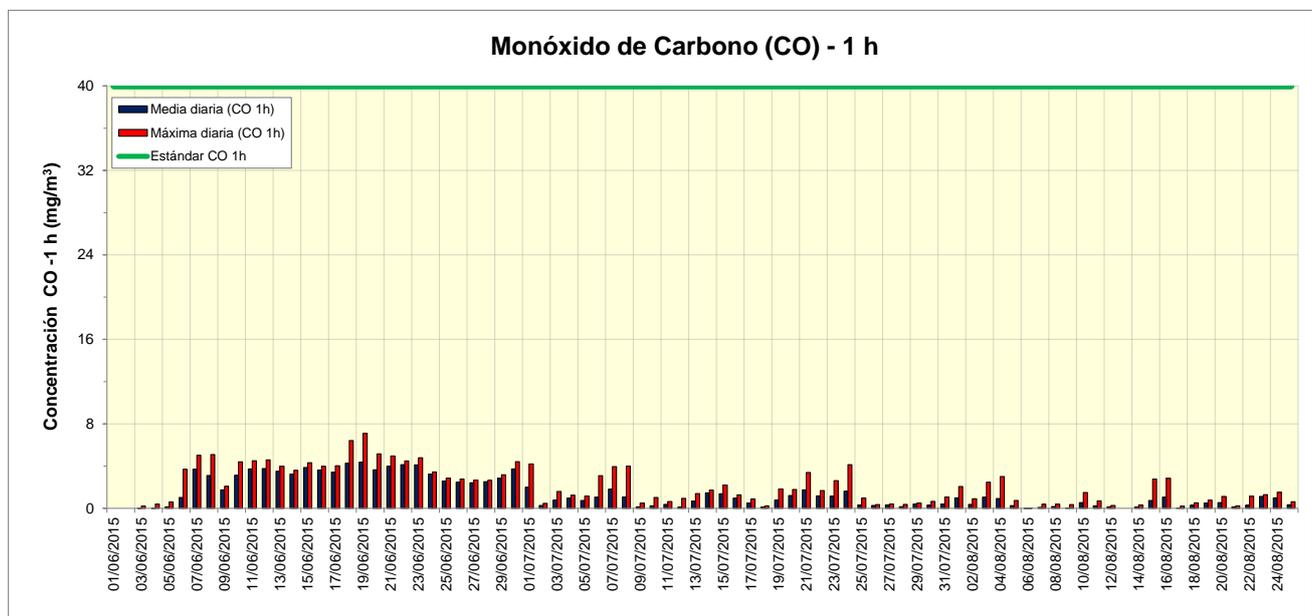
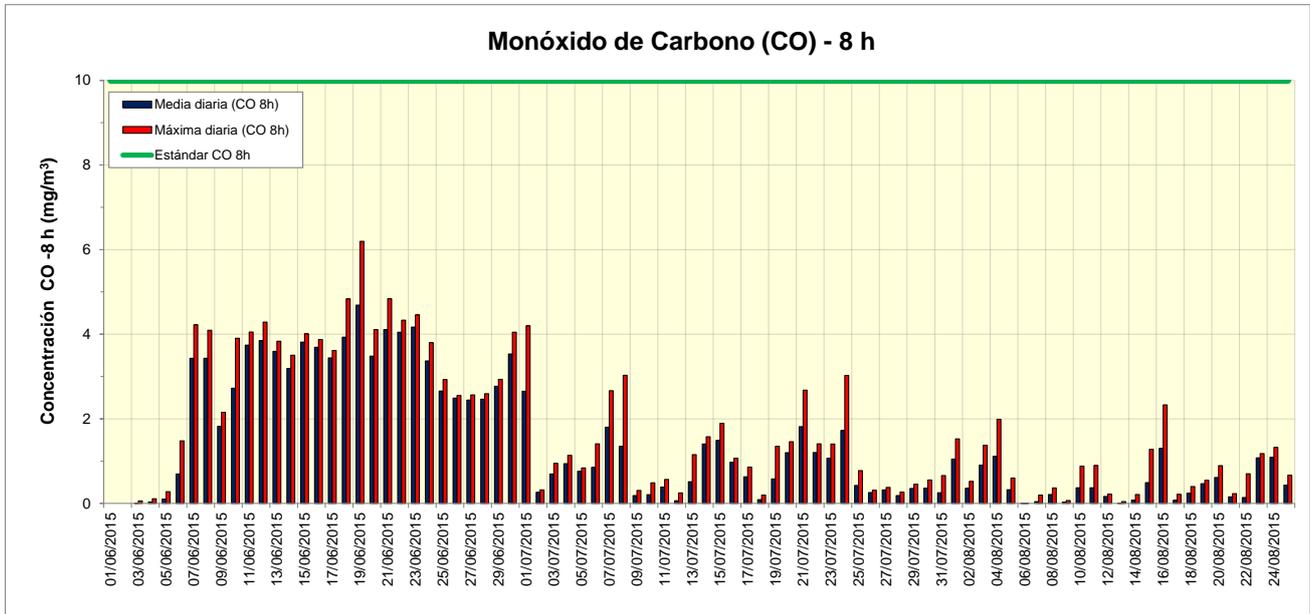
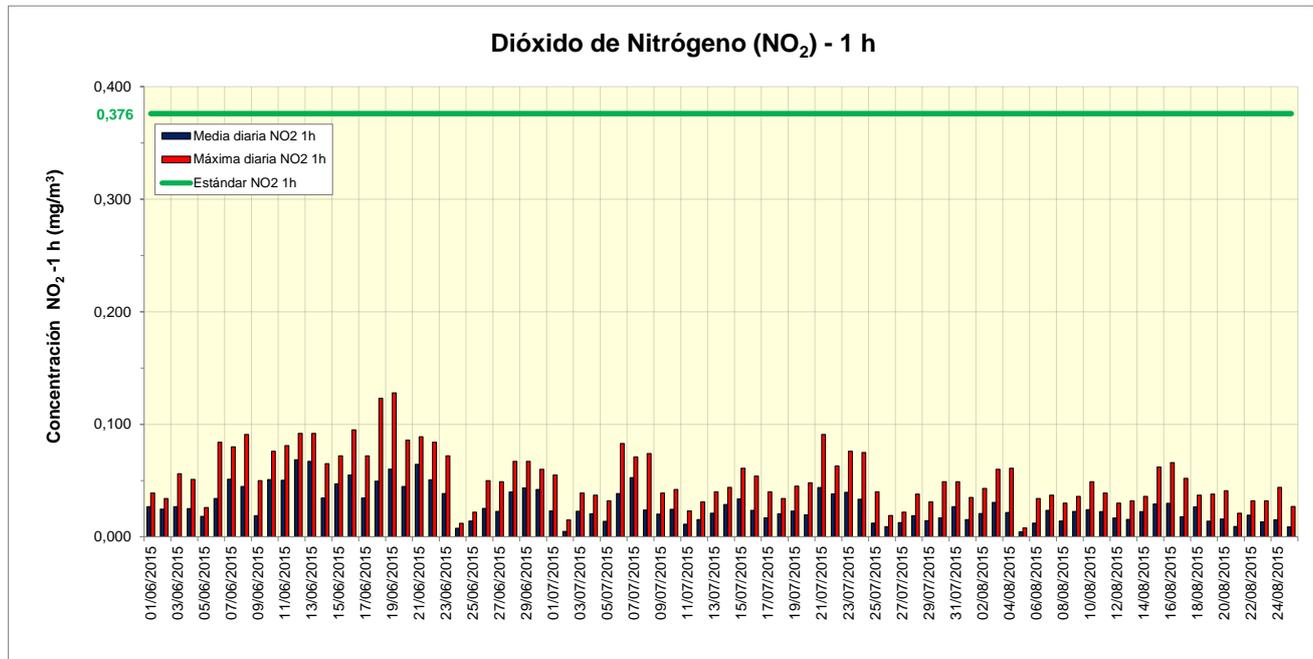


Figura 3. Valores de concentración medios y máximos diarios de CO (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Dióxido de nitrógeno (1 h): Para el parámetro NO_2 1 h (Figura 4), el valor medio del trimestre fue de $0,0274 \pm 0,0206 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y con respecto a los valores mensuales, **Junio** presentó concentraciones máximas diarias de $0,068 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, horarias de $0,128 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y un promedio mensual de $0,039 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$; **Julio** presentó concentraciones máximas diarias de $0,053 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, horarias de $0,091 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y un promedio mensual de $0,023 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$; **Agosto** presentó concentraciones máximas diarias de $0,032 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, horarias de $0,066 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y un promedio mensual de $0,019 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. En función de los valores horarios observados, se verifica el cumplimiento de la Resolución N° 02/07 de ACUMAR ($0,376 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

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 junio-agosto 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 trimestre fueron O₃ 1h: 0,0220 ± 0,0157 mg/m³ – O₃ 8h: 0,0221 ± 0,0136 mg/m³. Los valores máximos mensuales fueron para **Junio**: máximos diarios O₃ 1h: 0,048 mg/m³ – O₃ 8h: 0,046 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,067 mg/m³ – O₃ 8h: 0,058 mg/m³; **Julio**: máximos diarios O₃ 1h: 0,055 mg/m³ – O₃ 8h: 0,055 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,090 mg/m³ – O₃ 8h: 0,076 mg/m³; **Agosto**: máximos diarios O₃ 1h: 0,072 mg/m³ – O₃ 8h: 0,068 mg/m³ y máximos horarios O₃ 1h: 0,086 mg/m³ – O₃ 8h: 0,081 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 junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.

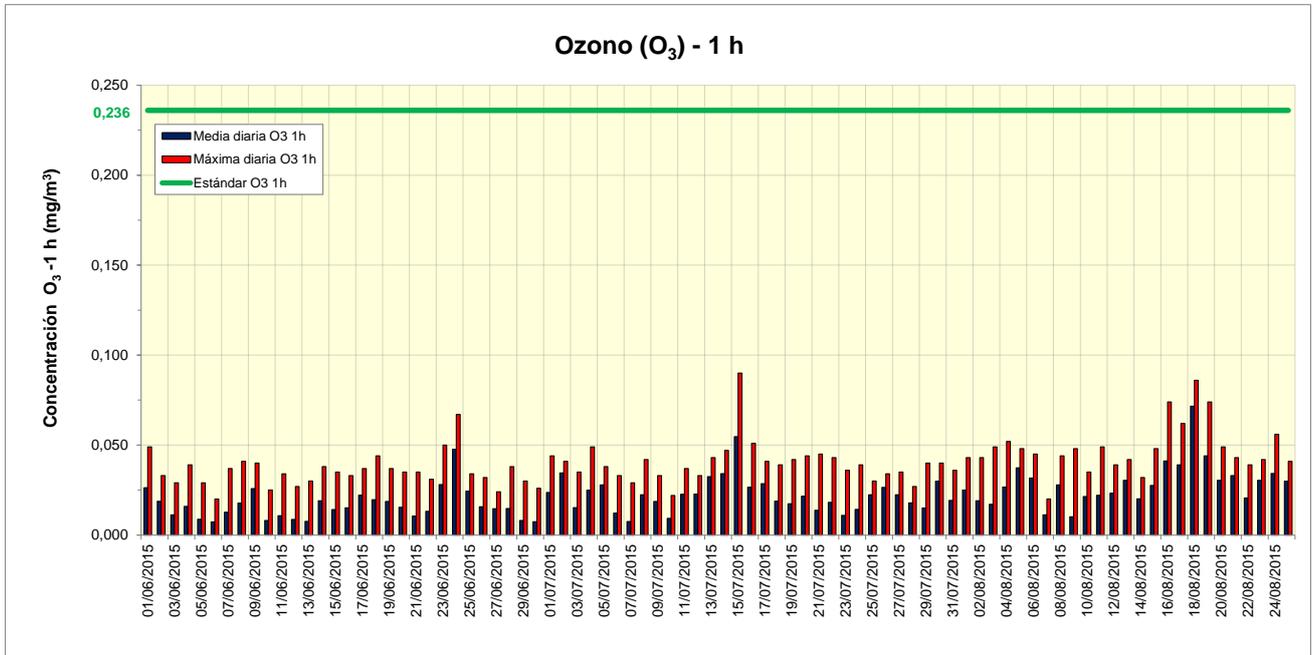
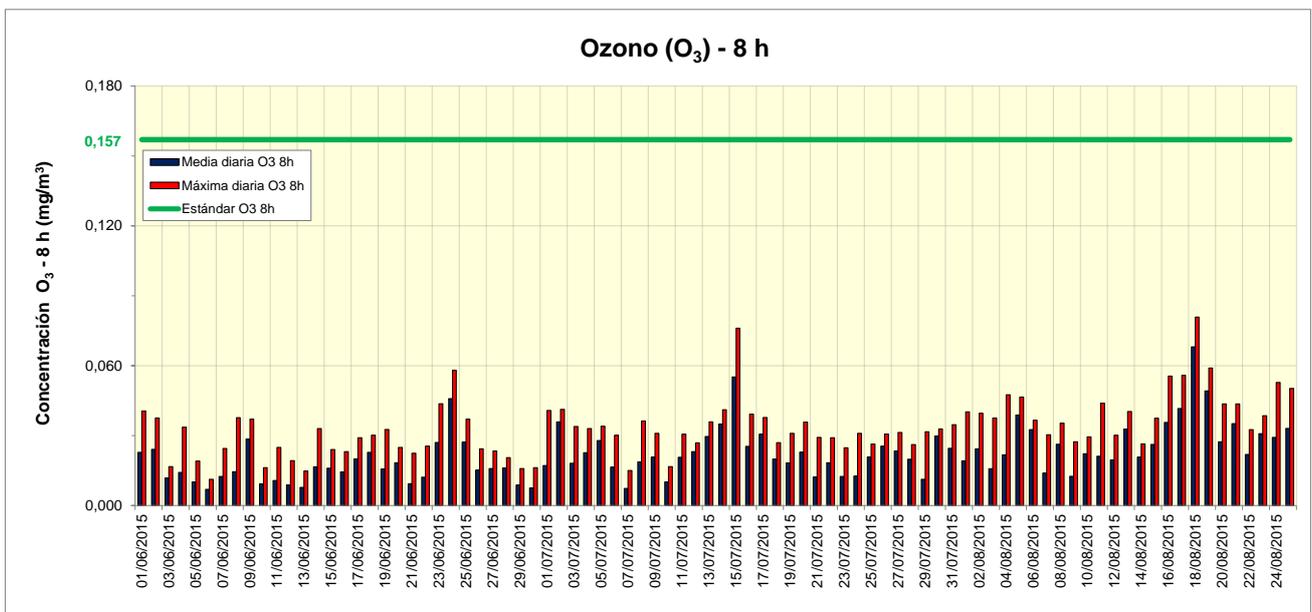


Figura 6. Valores de concentración medios y máximos diarios de O₃ (8 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



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 trimestre fueron SO₂

3h: $0,1805 \pm 0,3163 \text{ mg/m}^3$ – SO_2 24h: $0,1816 \pm 0,2045 \text{ mg/m}^3$. Los valores máximos horarios y diarios alcanzados fueron: **Junio**: máximos diarios SO_2 3h: $0,718 \text{ mg/m}^3$ – SO_2 24 h: 0,664 mg/m^3 y máximos horarios SO_2 3h: 3,315 mg/m^3 – SO_2 24h: 0,746 mg/m^3 . **Julio**: máximos diarios SO_2 3h: $1,034 \text{ mg/m}^3$ – SO_2 24 h: 0,789 mg/m^3 y máximos horarios SO_2 3h: 3,242 mg/m^3 – SO_2 24h: 1,002 mg/m^3 . **Agosto**: máximos diarios SO_2 3h: $0,200 \text{ mg/m}^3$ – SO_2 24h: $0,186 \text{ mg/m}^3$ y máximos horarios SO_2 3h: $0,576 \text{ mg/m}^3$ – SO_2 24h: $0,233 \text{ mg/m}^3$. 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 SO_2 (3 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en mg.m^{-3} .

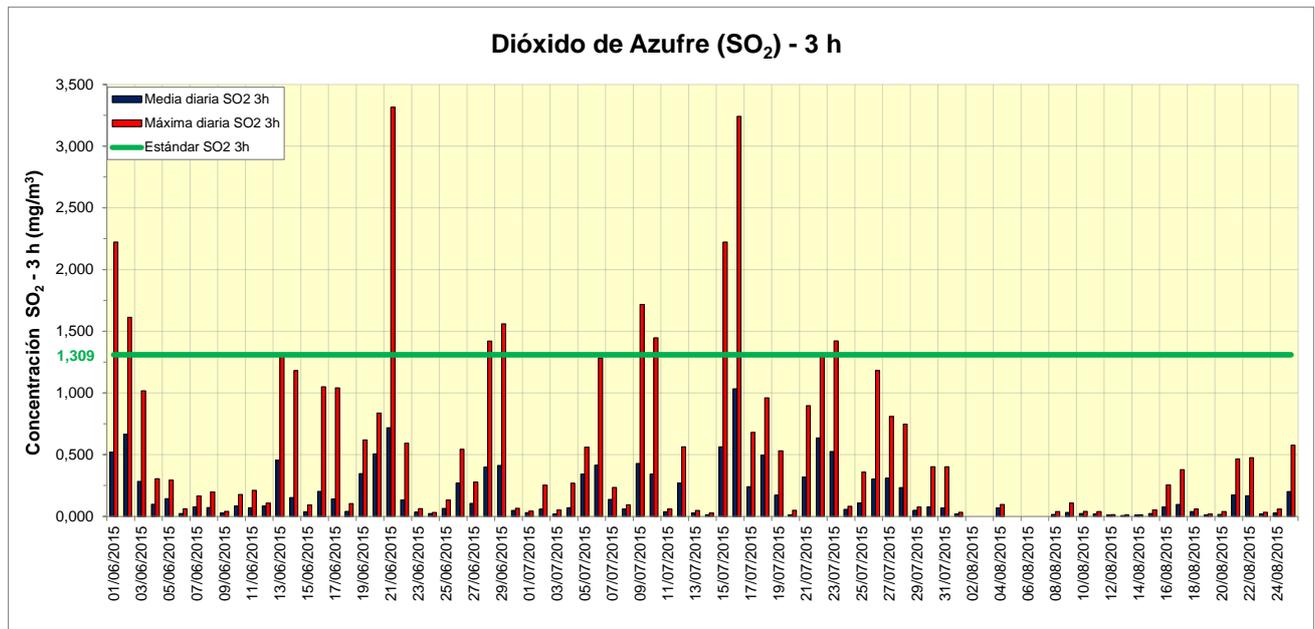
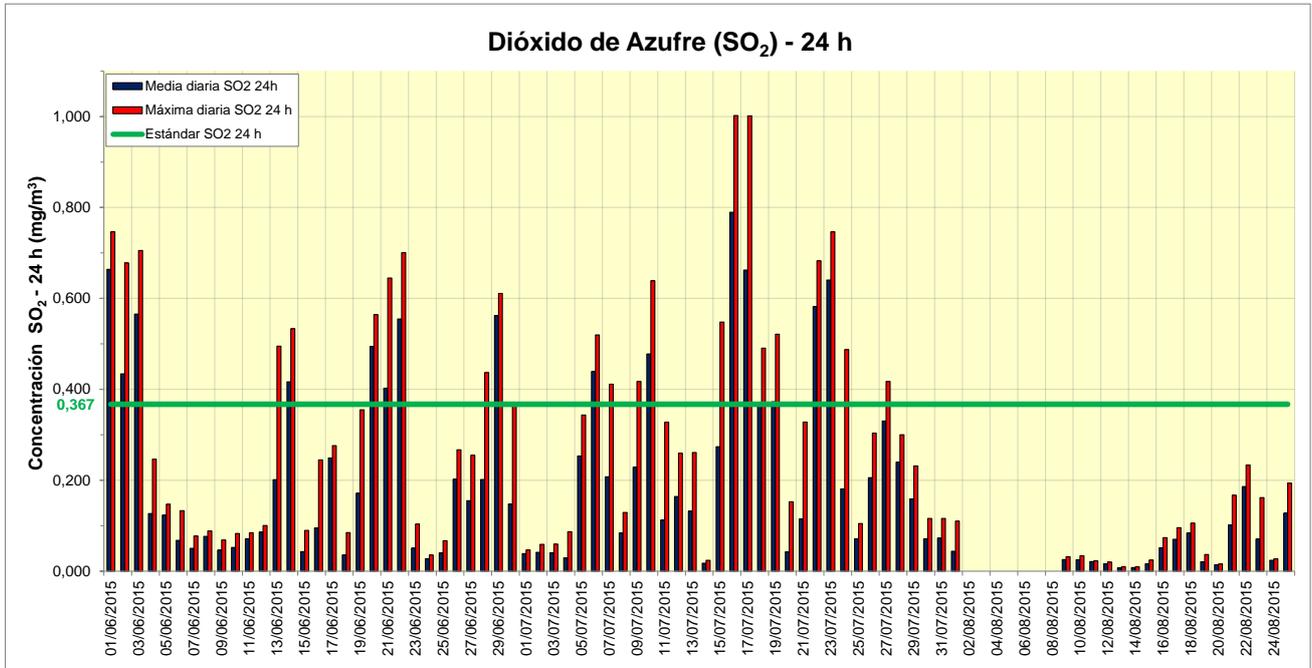
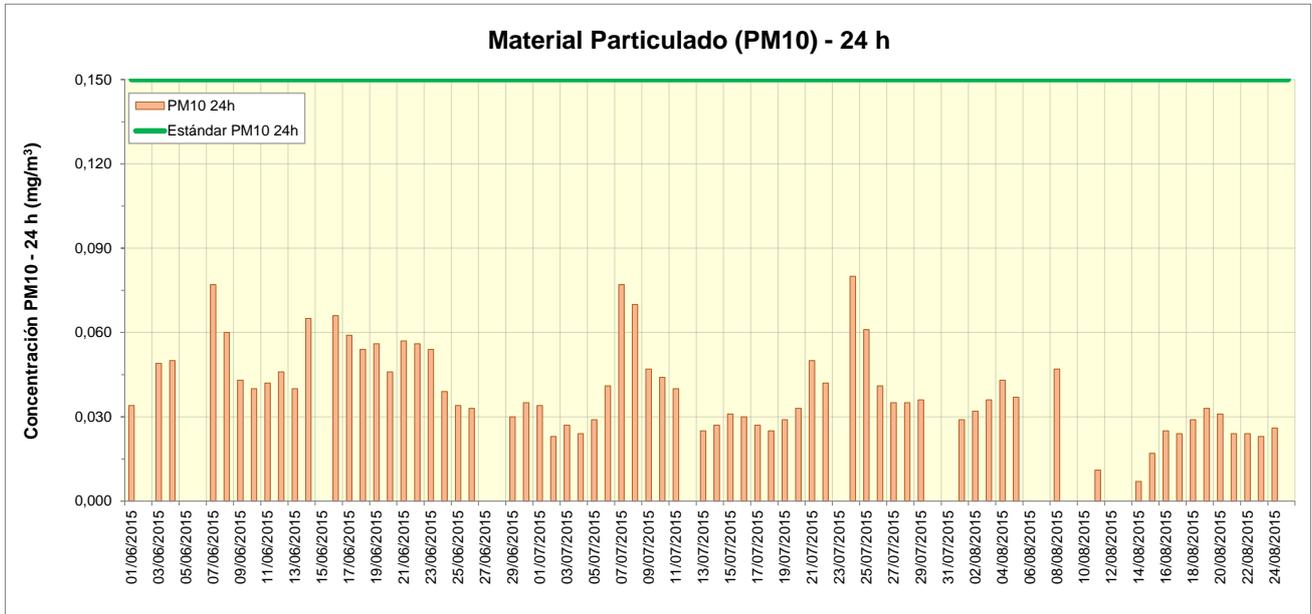


Figura 8. Valores de concentración medios y máximos diarios de SO₂ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período junio-agosto de 2015). Los resultados se expresan en mg.m⁻³.



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 0,077 mg/m³ para **Junio**, 0,080 mg/m³ para **Julio** y 0,047 mg/m³ para **Agosto** (Figura 9).

Figura 9. Valores de concentración de PM₁₀ (24 h) medidos en la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud (período junio-agosto 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 la totalidad de los mismos: material particulado PM2.5, óxidos de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, hidrocarburos metánicos, hidrocarburos no metánicos, hidrocarburos totales de petróleo, sulfuro de hidrógeno, benceno, tolueno, etilbenceno, m-p xileno y o-xileno.

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 trimestre de junio-agosto (-0,0138 µg/m³/h) indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de NO₂, comportamiento que también puede apreciarse en los estadísticos presentados de la Tabla 2.

Figura 10. Variación horaria en la concentración de NO₂ medida en la EMC para el trimestre junio-agosto 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.

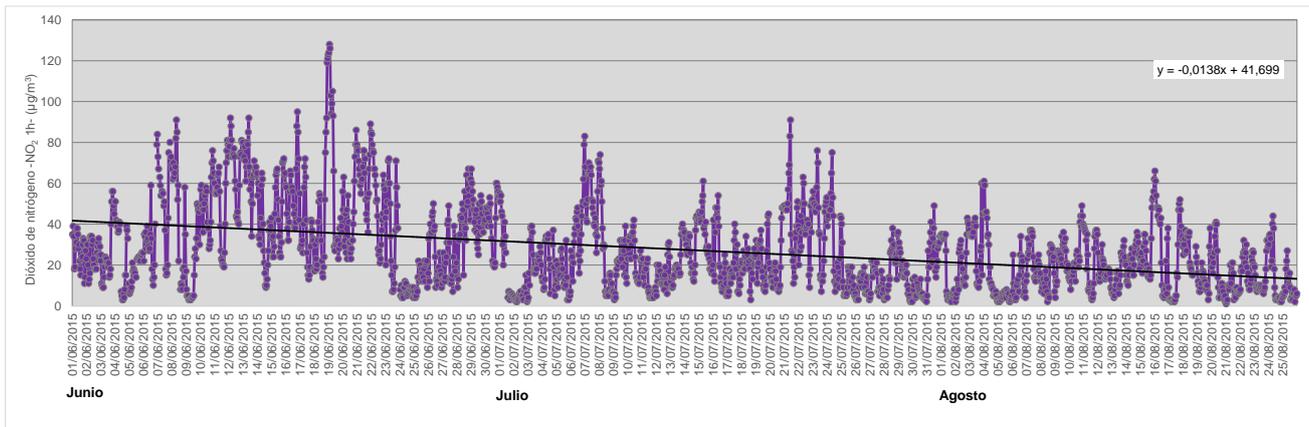


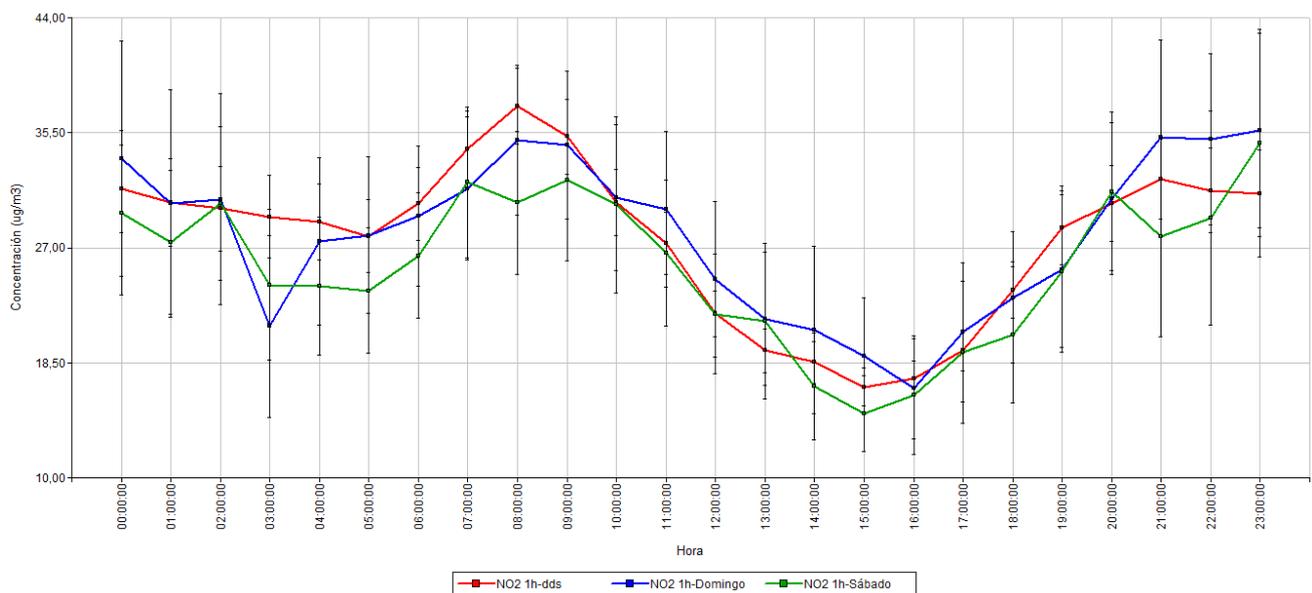
Tabla 2. Medidas resumen del parámetro NO₂ (1 h) para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
NO ₂ 1 h	Junio	703	39,5	23,8	60,2	3,0	128,0	36,0	92,0
	Julio	739	23,1	16,5	71,7	2,0	91,0	19,0	67,0
	Agosto	596	18,5	13,3	71,8	1,0	66,0	16,0	52,0

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 hábiles (*recta en color rojo*) valores más elevados en la madrugada y las primeras horas de la mañana (exhibiendo un valor máximo a las 8:00 h), mientras que para los fines de semana y particularmente los días Domingo (*recta en color azul*), se destacan valores de concentración de NO₂ a media mañana y mediodía, entre las 10:00 y las 14:00 h, y también por la noche (20:00 a 23:00 h). Este comportamiento en la concentración horaria de NO₂, estaría indicando la influencia de fuentes móviles.

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

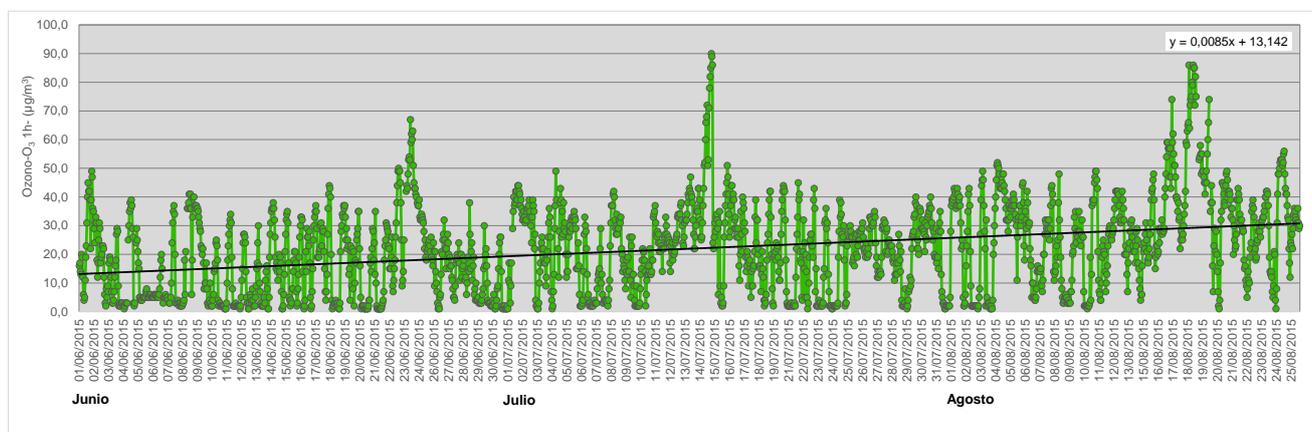


Ozono (O₃)

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 para el trimestre de junio-agosto (0,0085 µg/m³/h) indica una tendencia creciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de O₃. Estos valores incrementales que se registran para ozono a lo largo del trimestre bajo estudio (Tabla 3) están afectados por la mayor actividad solar de agosto con respecto a junio y julio.

Figura 12. Variación horaria en la concentración de O₃ medida en la EMC para el trimestre junio-agosto 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 trimestre bajo estudio, se observa para los días hábiles (*recta en color rojo*) valores más elevados a lo largo del día (exhibiendo un valor máximo a las 15:00 h), y luego para los días Domingo (*recta en color azul*), se registran valores de concentración de O₃ por encima de los días de semana, entre las 16:00 y las 19:00 h, mientras que los días Sábado (*recta en color verde*) se registran los menores valores.

Figura 13. Variación horaria (media \pm 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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

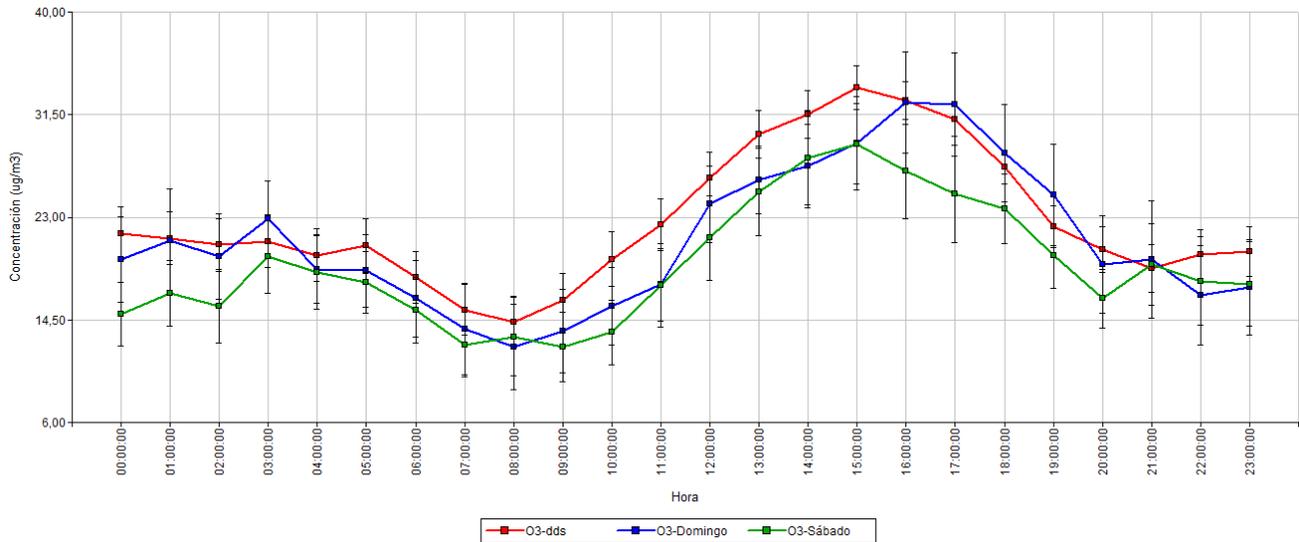


Tabla 3. Medidas resumen del parámetro O₃ (1 y 8 h) para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
O ₃ 1 h	Junio	705	16,2	13,4	82,7	1,0	67,0	15,0	48,0
	Julio	741	22,1	14,3	64,5	1,0	90,0	22,0	51,0
	Agosto	596	28,7	17,2	59,9	1,0	86,0	29,0	74,0
O ₃ 8 h	Junio	719	16,4	11,0	67,0	1,1	58,0	15,0	45,5
	Julio	744	22,1	11,7	52,9	1,3	76,1	22,3	53,3
	Agosto	601	28,8	15,4	53,4	1,8	80,8	28,2	71,7

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 trimestre bajo estudio, la concentración de O₃ alcanzó su valor máximo entre las 15:00 y las 17:00 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 trimestre junio-agosto de 2015.

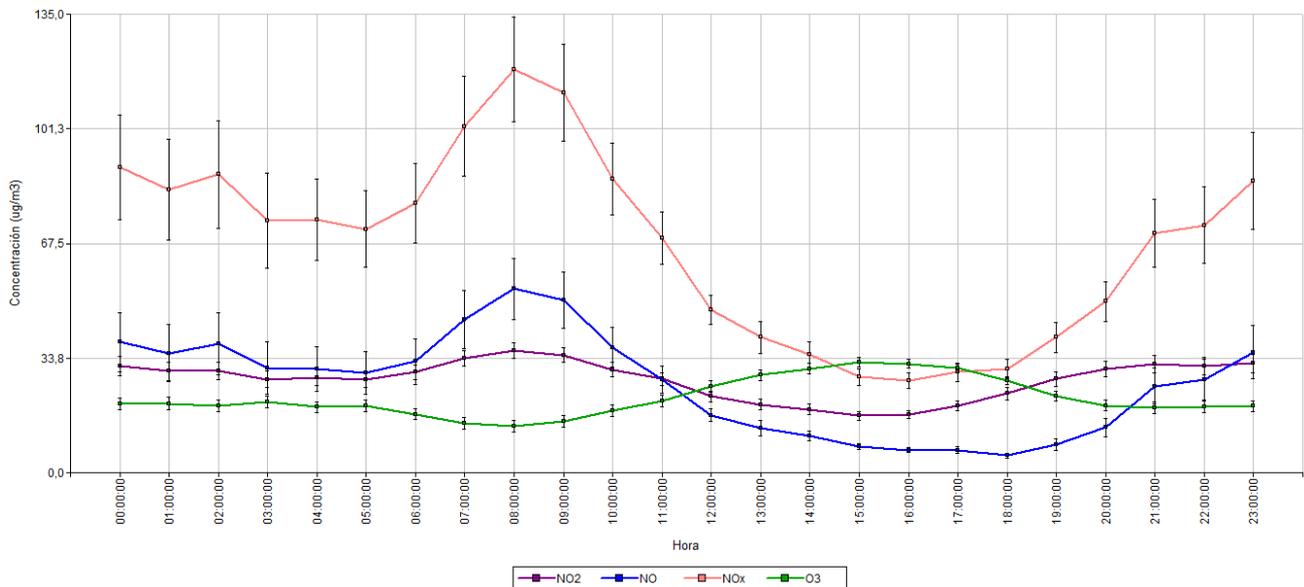
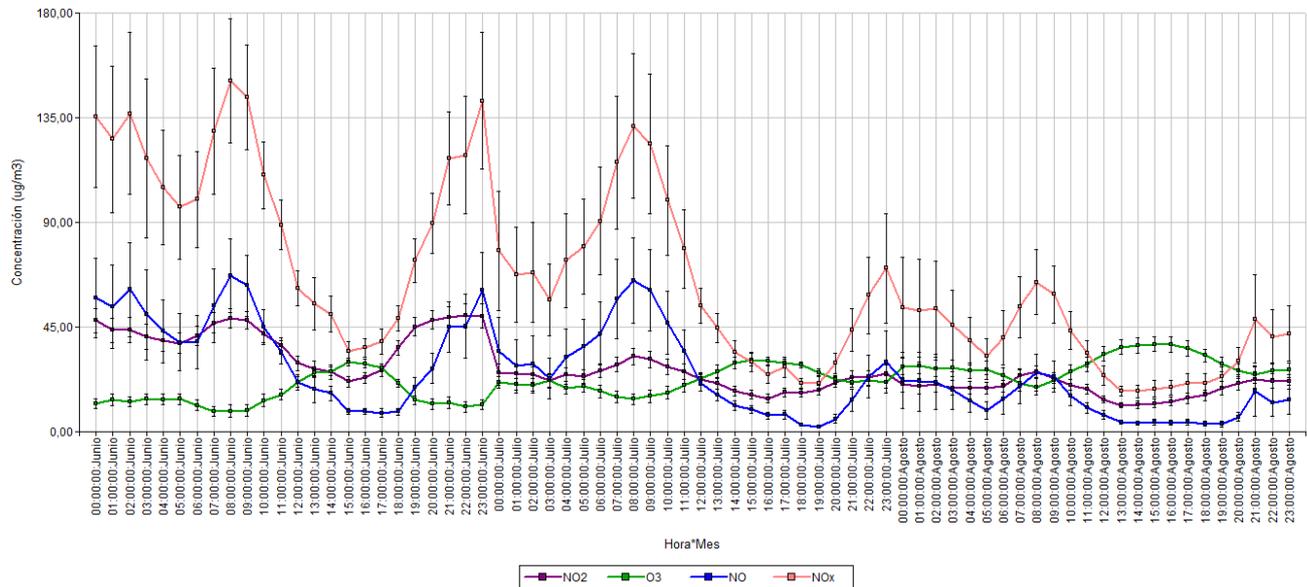


Figura 15. Variación horaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de NO_x, NO₂, NO y O₃ medidos en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



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

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

Correlación de Pearson									
Variables	Log ₁₀ _NO ₂	Log ₁₀ _NO	Log ₁₀ _NO _x	Log ₁₀ _HCT	Log ₁₀ _HCnM	Log ₁₀ _HCM	Log ₁₀ _CO	Log ₁₀ _O ₃	Log ₁₀ _Rad slr
Log ₁₀ _NO ₂	1								
Log ₁₀ _NO	0,842***	1							
Log ₁₀ _NO _x	0,944***	0,960***	1						
Log ₁₀ _HCT			0,409***	1					
Log ₁₀ _HCnM				0,957***	1				
Log ₁₀ _HCM	0,606***	0,629***	0,681***	0,501***		1			
Log ₁₀ _CO	0,419***		0,440***			0,404***	1		
Log ₁₀ _O ₃	-0,618***	-0,695***	-0,702***			-0,579***		1	
Log ₁₀ _Rad slr								0,464***	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 trimestre de junio-agosto (-0,0802 µg/m³/h), indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de SO₂ en aire durante el trimestre de junio-agosto (Tabla 5). En el gráfico también se puede apreciar que en junio y julio se registraron valores horarios significativamente elevados.

Figura 16. Variación horaria en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el trimestre Junio-agosto 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.

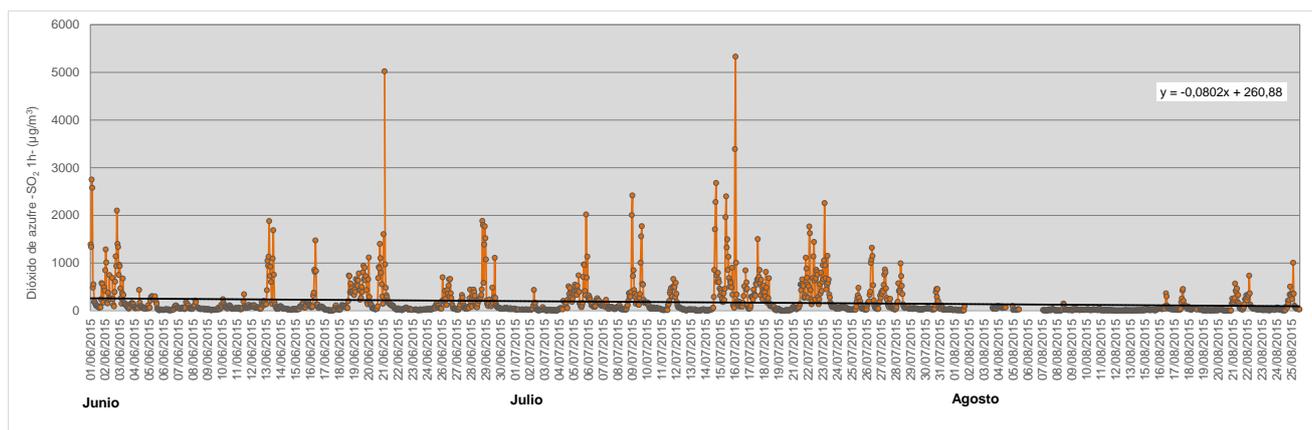


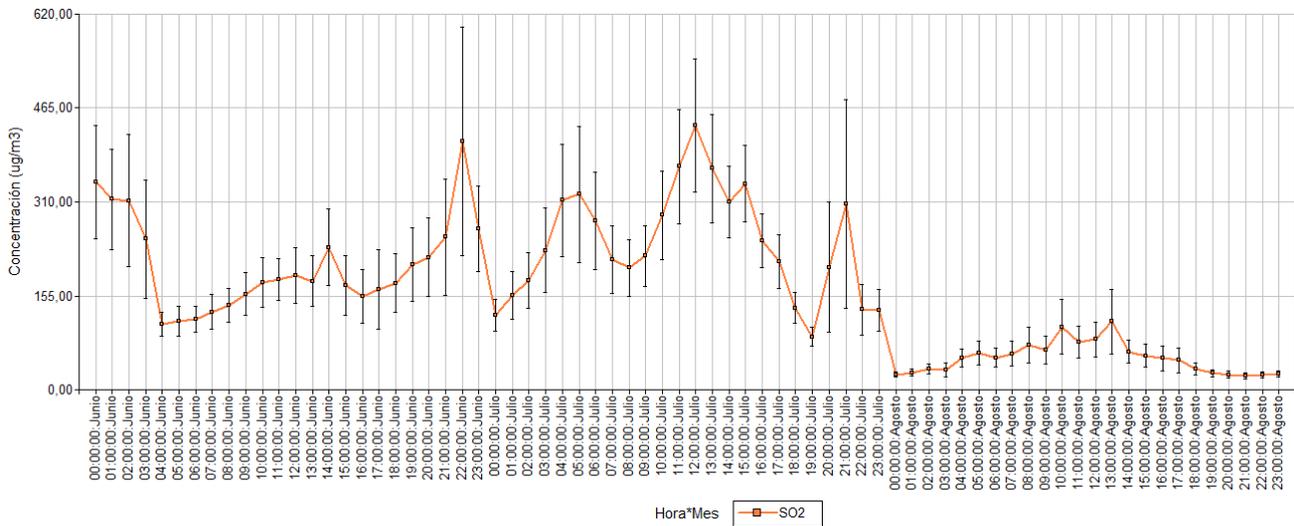
Tabla 5. Medidas resumen de los parámetros SO₂ (3 h y 24 h) para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
SO ₂ 3 h	Junio	710	207,8	342,5	164,8	4,3	3315,0	77,4	1255,3
	Julio	739	241,5	360,9	149,4	0,7	3241,7	79,0	1330,7
	Agosto	499	51,1	87,5	171,1	3,0	576,3	21,3	393,9
SO ₂ 24 h	Junio	719	213,8	205,6	96,2	19,8	746,4	110,8	699,4
	Julio	744	239,8	227,6	94,9	12	1002,4	156,5	813,2
	Agosto	503	49,3	51,2	103,8	6,4	233,4	26,4	193,4

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 observan valores más pronunciados y un mayor desvío en las concentraciones horarias de SO₂ para los meses de junio y julio, y no así para agosto.

Figura 17. Variación horaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de SO₂ medida en la EMC para el trimestre Junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Con respecto al análisis de tendencias de H₂S, la pendiente de la recta de regresión (Figura 18) estimada para el trimestre de junio-agosto (-0,0083 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de H₂S en aire durante el trimestre de junio-agosto. En el gráfico también se puede apreciar que en junio 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 trimestre Junio-agosto de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

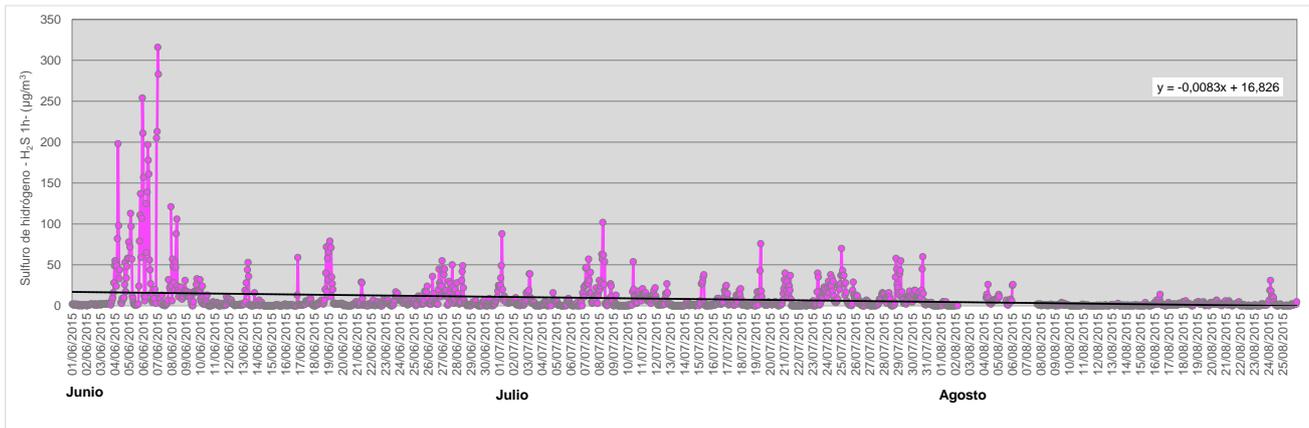


Tabla 6. Medidas resumen del parámetro H₂S (1 h) para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

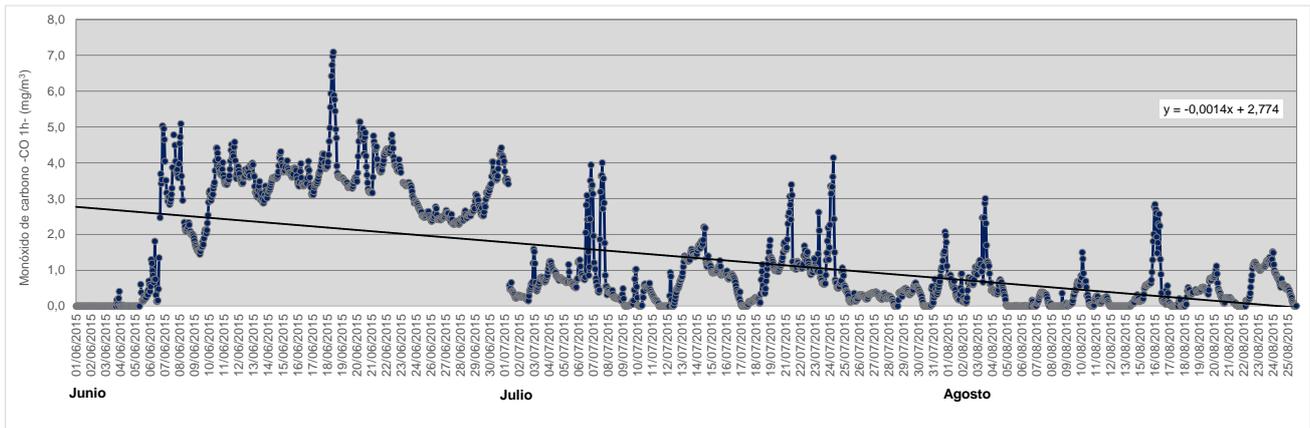
Medidas resumen									
Variable	Mes	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
H ₂ S 1 h	Junio	699	13,3	32,6	245,0	0,0	316,0	2,0	125,0
	Julio	738	8,2	12,4	152,0	0,0	102,0	3,0	47,0
	Agosto	499	2,0	3,4	171,0	0,0	31,0	1,0	12,0

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)

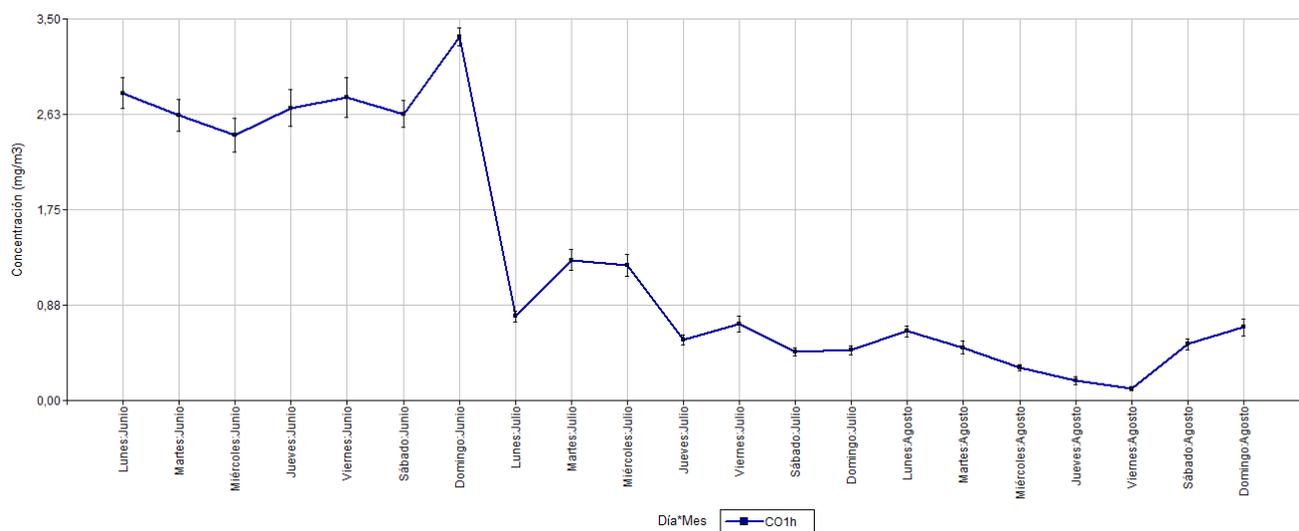
Con respecto al análisis de tendencias CO, la pendiente de la recta de regresión (Figura 19) estimada para el trimestre de junio-agosto ($-0,0014 \text{ mg}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de CO en aire durante el trimestre de junio-agosto. En el gráfico también se observa que en junio se registraron más elevados que en el resto del período.

Figura 19. Variación horaria en la concentración de CO medida en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Analizando la variación diaria y mensual de la concentración de CO, en la Figura 20 se observa también este marcado descenso en los valores para los meses de julio y agosto.

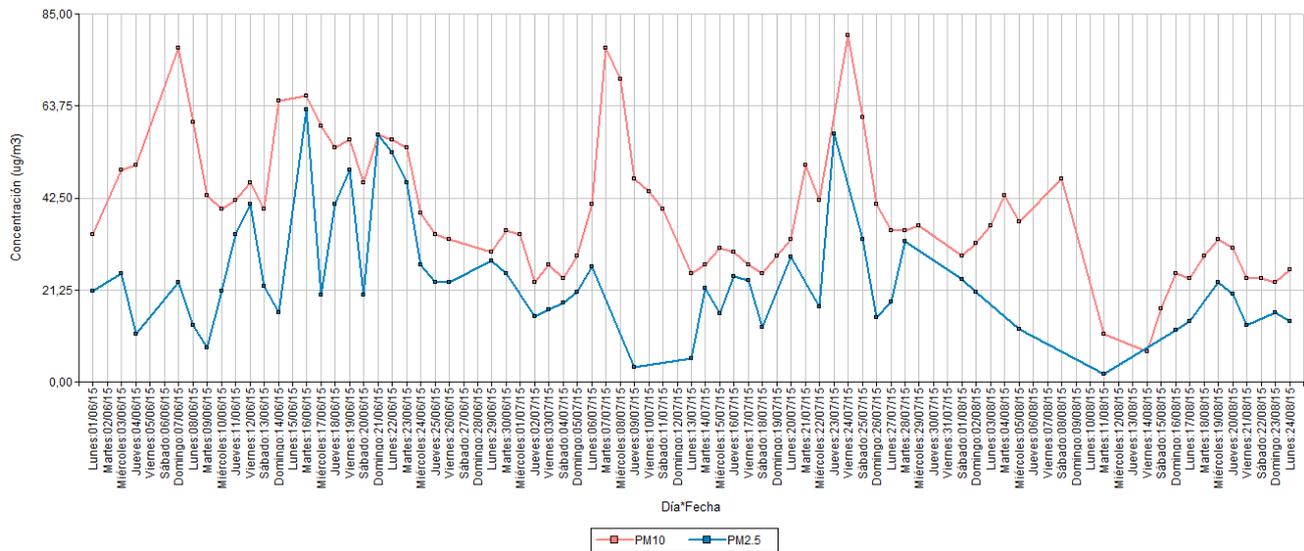
Figura 20. Variación diaria y mensual (media \pm error estándar) en la concentración de CO medido en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})

Los valores de concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015 (Figura 21) muestran un comportamiento similar entre sí (la relación promedio PM_{2.5}/PM₁₀ del trimestre fue: 0,60 ± 0,24) aunque con gran variabilidad diaria, lo que podría estar indicando no sólo un efecto de fuentes de emisión, sino también de la meteorología. No se encuentran diferencias significativas entre los valores pico de material particulado (para 24 h) y los días de semana.

Figura 21. Variación diaria en la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} (24 h) medidos en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.



Con respecto al análisis de tendencias PM₁₀ y PM_{2.5}, las pendientes de las rectas de regresión (Figuras 22 y 23) estimadas para el trimestre de junio-agosto (-0,3312 µg/m³/día para PM₁₀ y -0,1635 µg/m³/día para PM_{2.5}), indican una tendencia decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 24 horas) de PM en aire durante el trimestre de junio-agosto. Esto también se puede apreciar en los gráficos de caja a continuación (Figura 24).

Figura 22. Variación diaria en la concentración de PM₁₀ medida en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

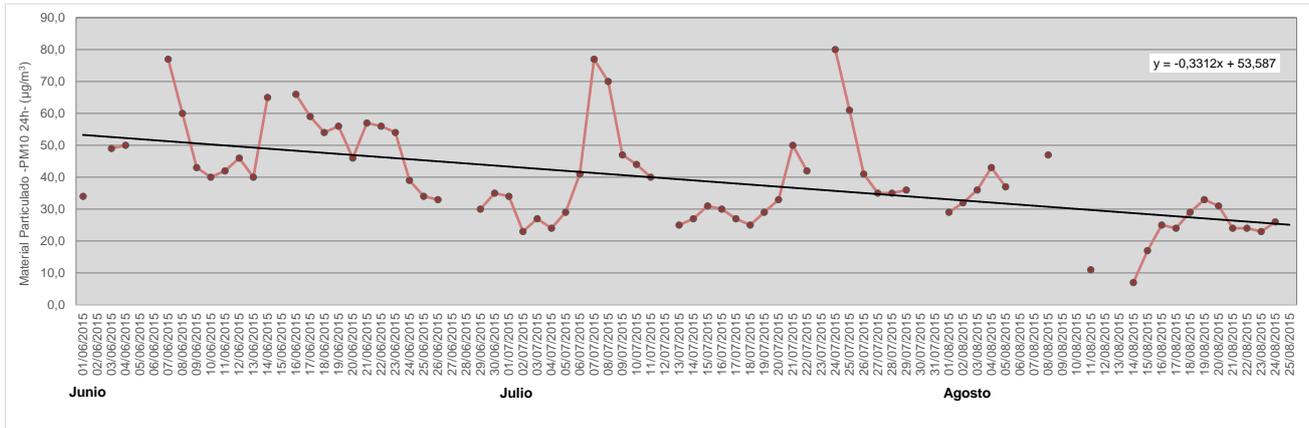


Figura 23. Variación diaria en la concentración de PM_{2.5} medida en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015 y estimación de la recta de regresión (recta de tendencia) obtenida por el método de mínimos cuadrados. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

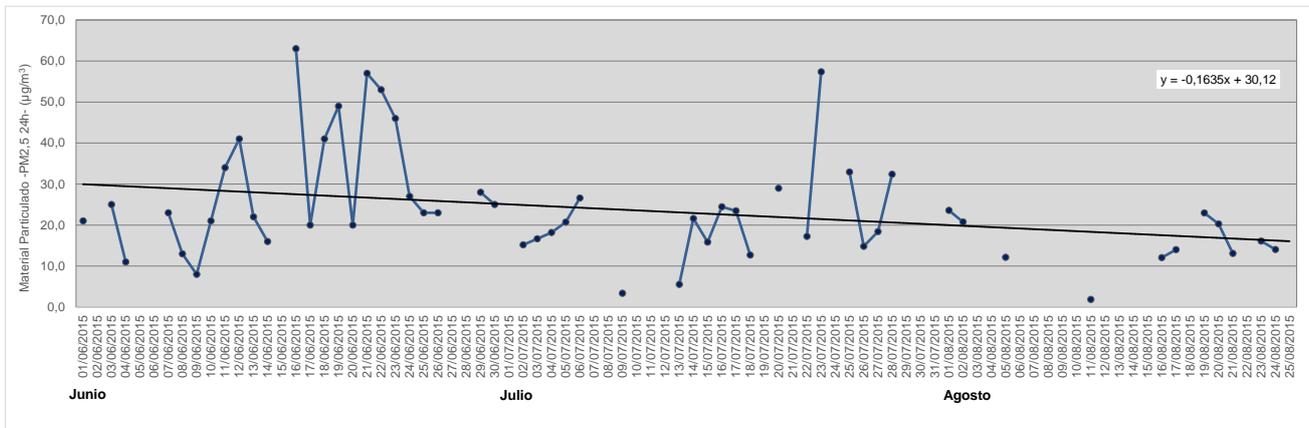


Figura 24. Diagramas de caja de la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} medidos en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015. Se muestran los valores mínimo, máximo, cuartiles 1, 2 y 3, media y valores atípicos. Los resultados se expresan en µg.m⁻³.

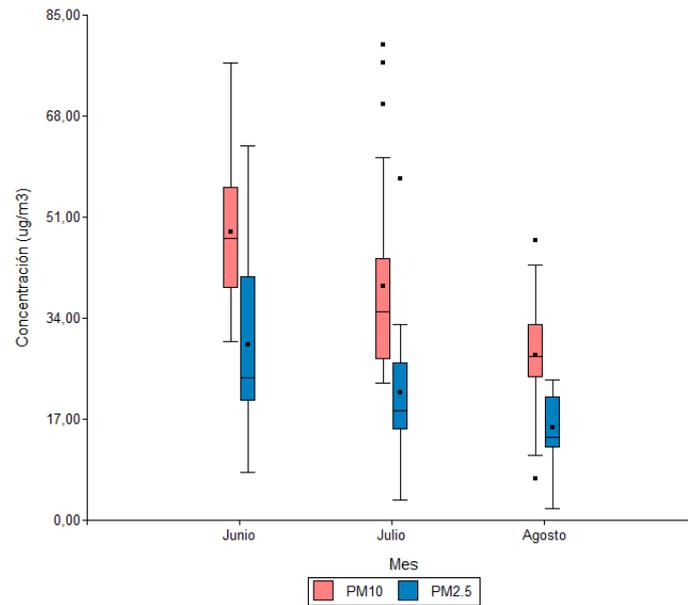
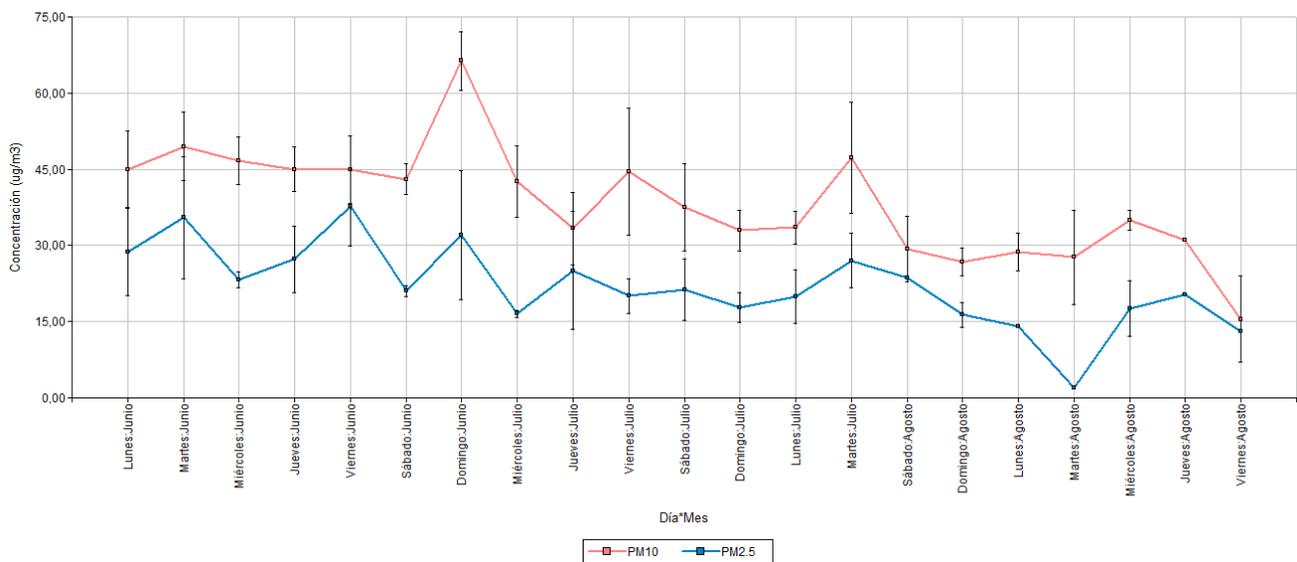


Figura 25. Variación diaria y mensual (media ± error estándar) en la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} medidos en la EMC para el trimestre junio-agosto de 2015.



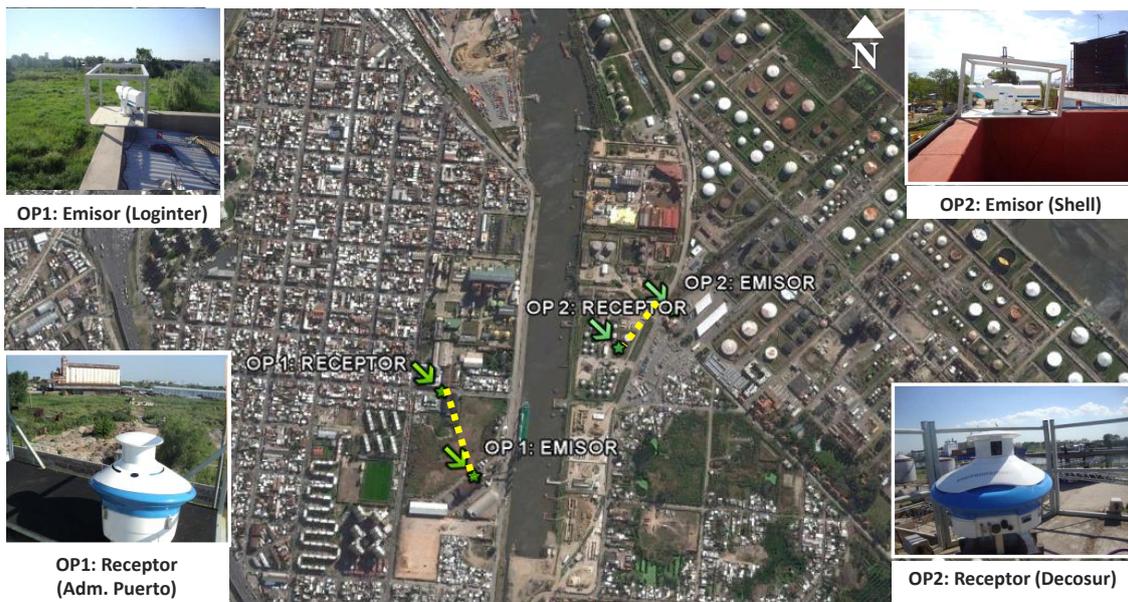
1.2. MONITOREO CONTINUO MEDIANTE EL SISTEMA OPEN PATH

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):

- 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 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 TRIMESTRE JUNIO - AGOSTO DE 2015.

A continuación se presenta el análisis de los resultados de los parámetros en estudio medidos por los Open Path correspondientes al mes de junio de 2015. Para los meses de julio y agosto, los equipos se encontraron bajo tareas de mantenimiento.

Open Path 1

Tabla 7. Medidas resumen de los parámetros Benceno, Tolueno, m-xileno y p-xileno (1 h) medidos con el equipo Open Path 1 (OP1) para mes de junio de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Equipo	Variable	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
OP1	Benceno 1h	701	5,87	7,18	122,23	0,00	44,30	3,00	26,10
	Tolueno 1h	652	5,97	8,23	137,77	0,00	59,40	3,20	32,30
	m-xileno 1h	682	5,33	5,65	105,89	0,00	37,90	3,65	23,00
	p-xileno 1h	670	0,29	0,71	249,34	0,00	7,60	0,00	2,50

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

Para el mes de monitoreo (**Junio 2015**), los valores medio mensual fueron: **Benceno (1 h)**: $0,0059 \pm 0,0072$ mg/m^3 (Figura 27); **Tolueno (1h)**: $0,0060 \pm 0,0082$ mg/m^3 (Figura 28); **m-xileno (1h)**: $0,0053 \pm 0,0056$ mg/m^3 (Figura 29) y **p-xileno (1h)**: $0,0003 \pm 0,0007$ mg/m^3 (Figura 30).

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 Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

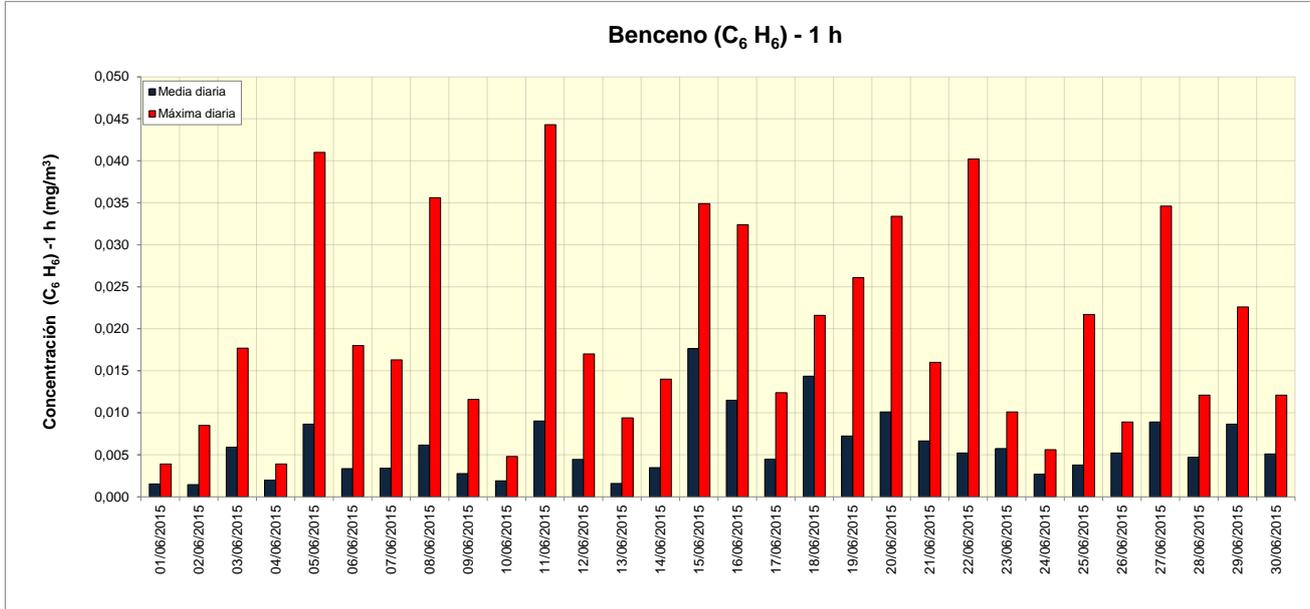


Figura 28. Valores de concentración medios y máximos diarios de Tolueno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

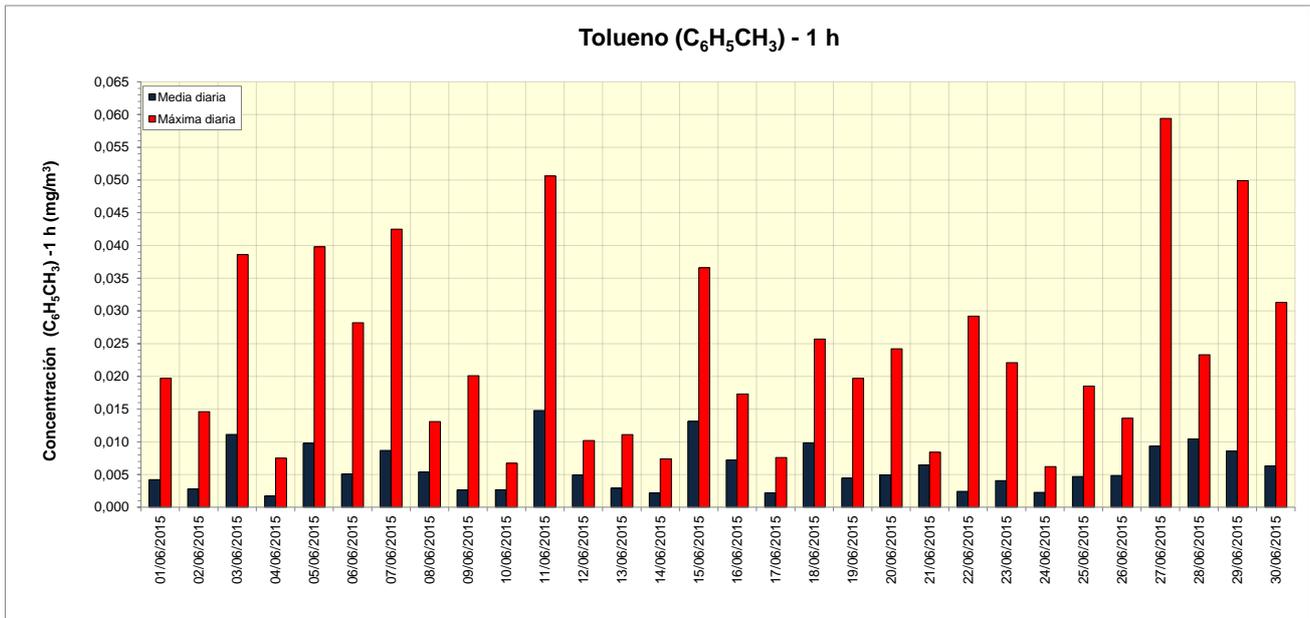


Figura 29. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

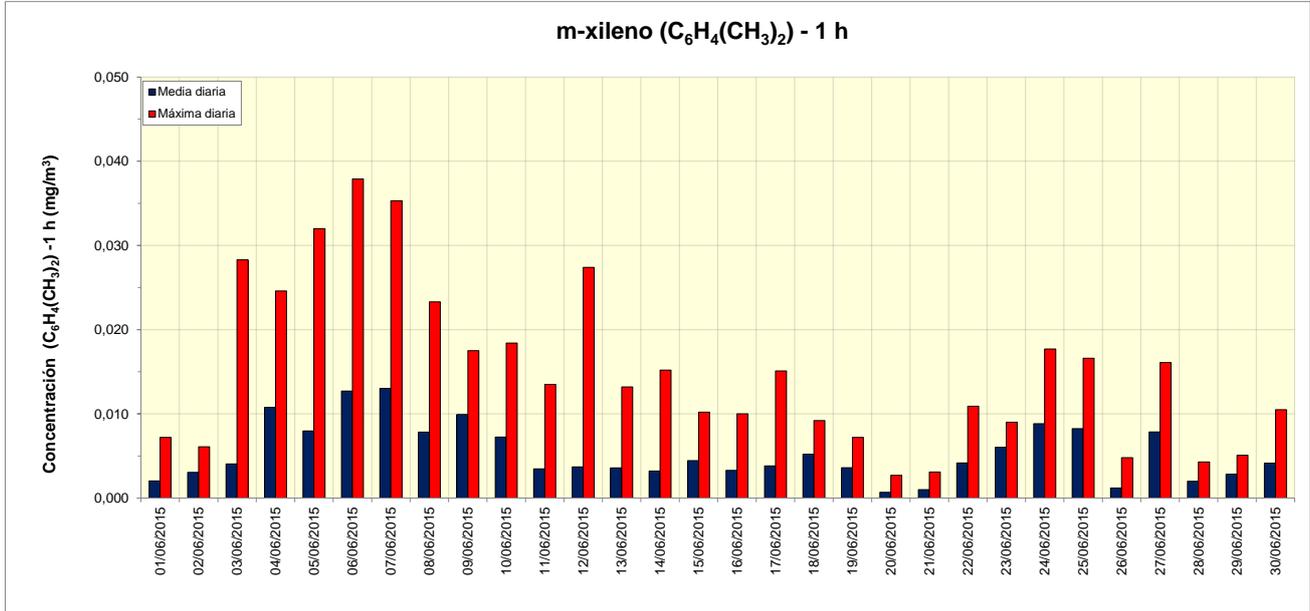
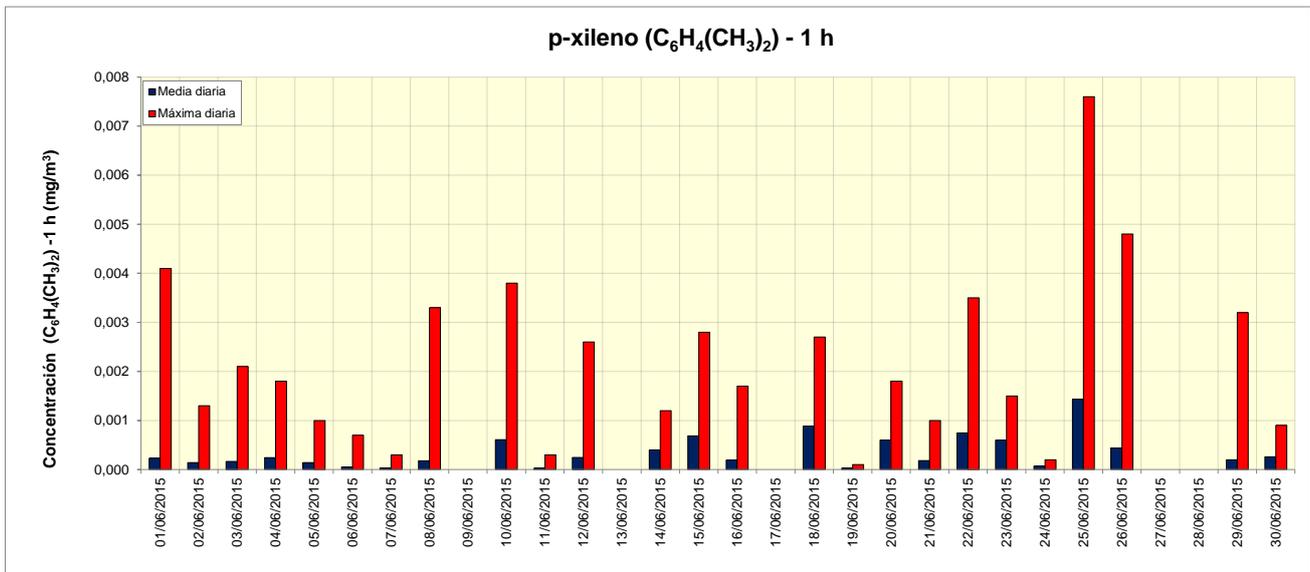


Figura 30. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-xileno (1 h) medido en el equipo de Paso Abierto (OP1) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Open Path 2

Tabla 8. Medidas resumen de los parámetros Benceno, Tolueno, m-xileno y p-xileno (1 h) medidos con el equipo Open Path 2 (OP2) para mes de junio de 2015. Los resultados se expresan en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Medidas resumen									
Equipo	Variable	n	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Mediana	P(98)
OP2	Benceno 1h	721	3,61	3,11	86,06	0,00	24,80	2,80	12,70
	Tolueno 1h	718	5,31	10,60	199,74	0,00	82,60	0,60	37,50
	m-xileno 1h	718	3,72	7,30	196,28	0,00	41,30	0,30	31,30
	p-xileno 1h	718	1,81	1,01	55,60	0,00	7,90	1,70	4,40

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

Para el mes de monitoreo (**Junio 2015**), los valores medio mensual fueron: **Benceno (1 h)**: $0,0036 \pm 0,0031$ mg/m^3 (Figura 31); **Tolueno (1h)**: $0,0053 \pm 0,0106$ mg/m^3 (Figura 32); **m-xileno (1h)**: $0,0037 \pm 0,0073$ mg/m^3 (Figura 33) y **p-xileno (1h)**: $0,0018 \pm 0,0010$ mg/m^3 (Figura 34).

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 Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

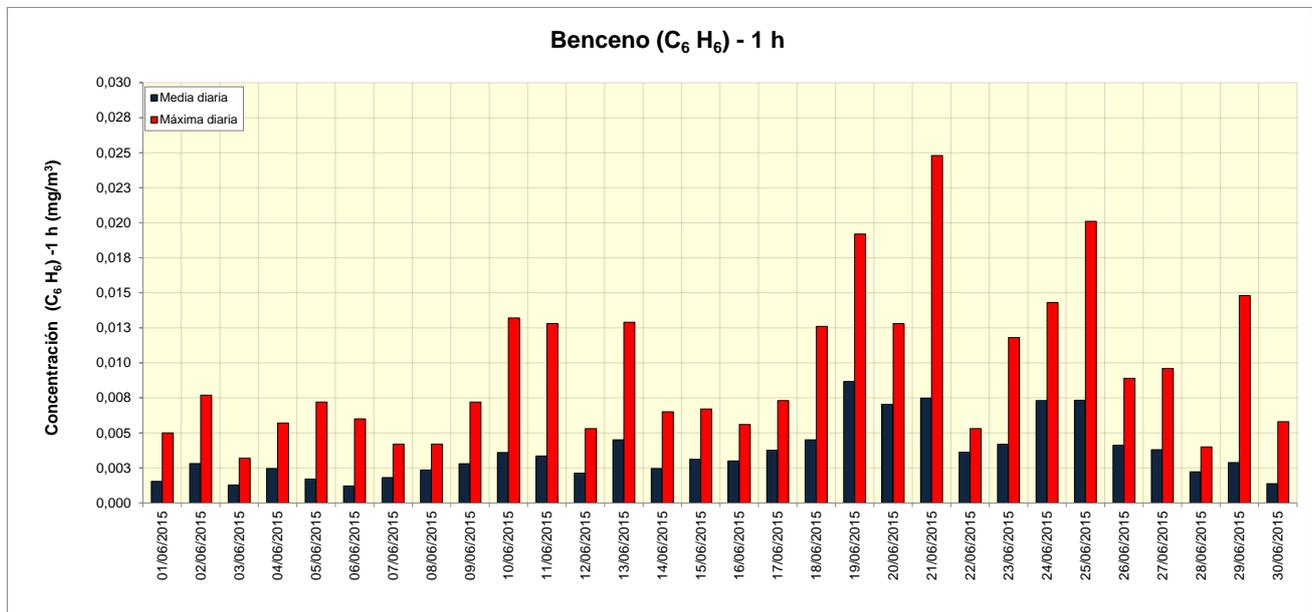


Figura 32. Valores de concentración medios y máximos diarios de Tolueno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

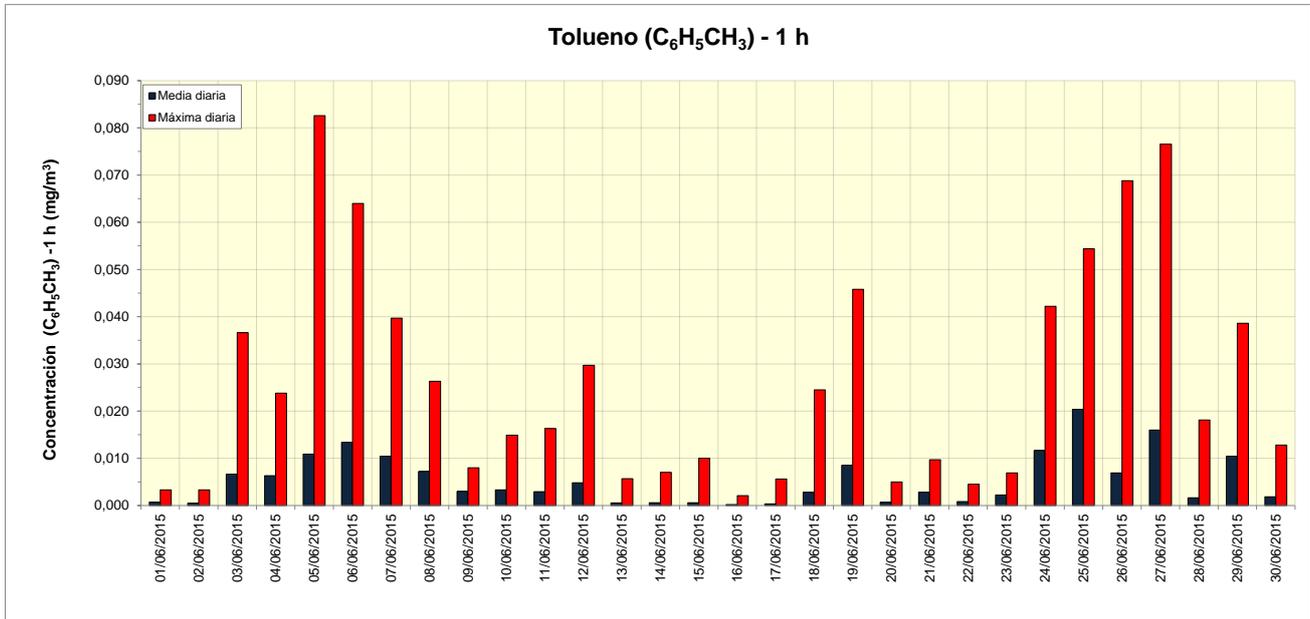


Figura 33. Valores de concentración medios y máximos diarios de m-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

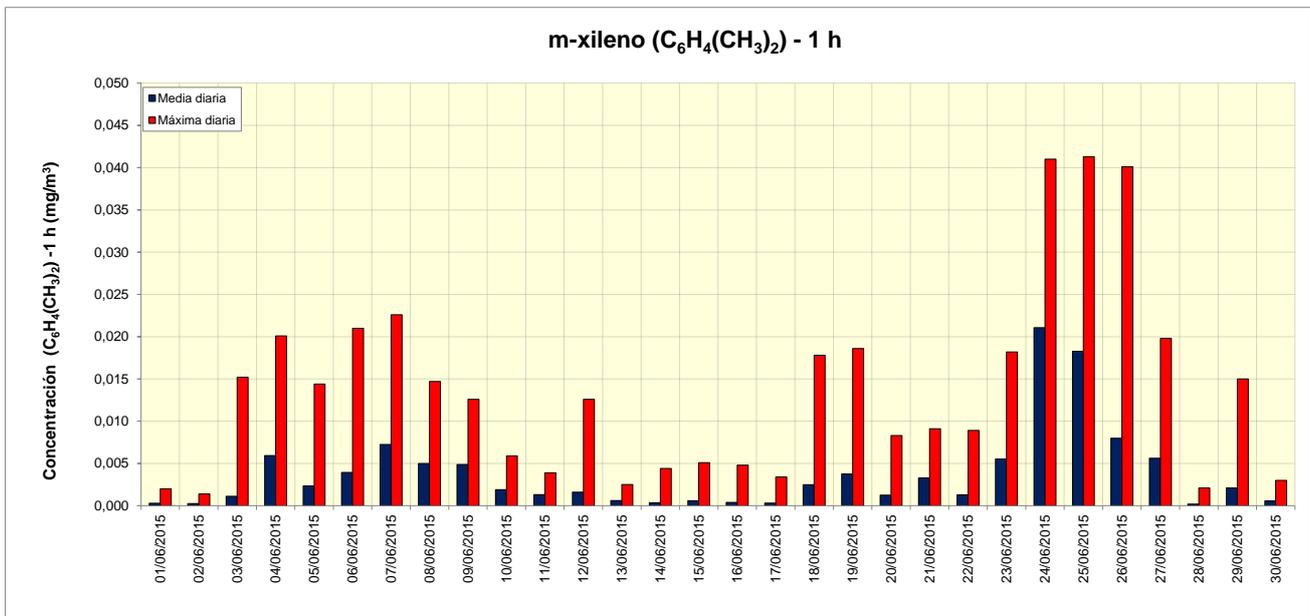
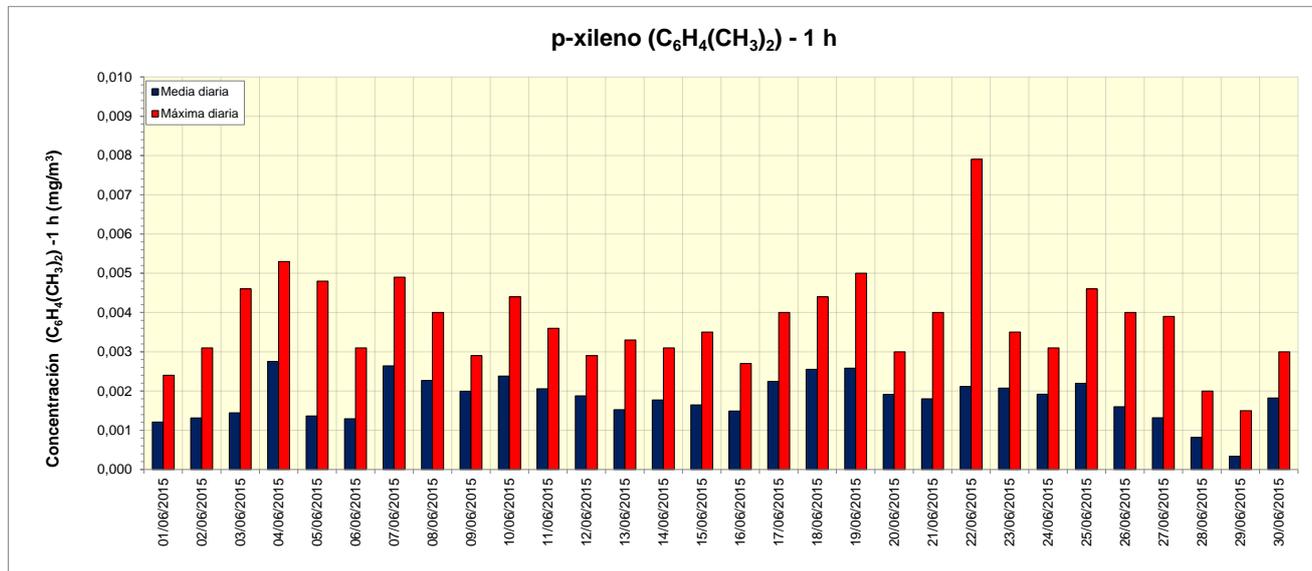


Figura 34. Valores de concentración medios y máximos diarios de p-xileno (1 h) medidos en el equipo de Paso Abierto (OP2) ubicado en Dock Sud (período Junio de 2015). Los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

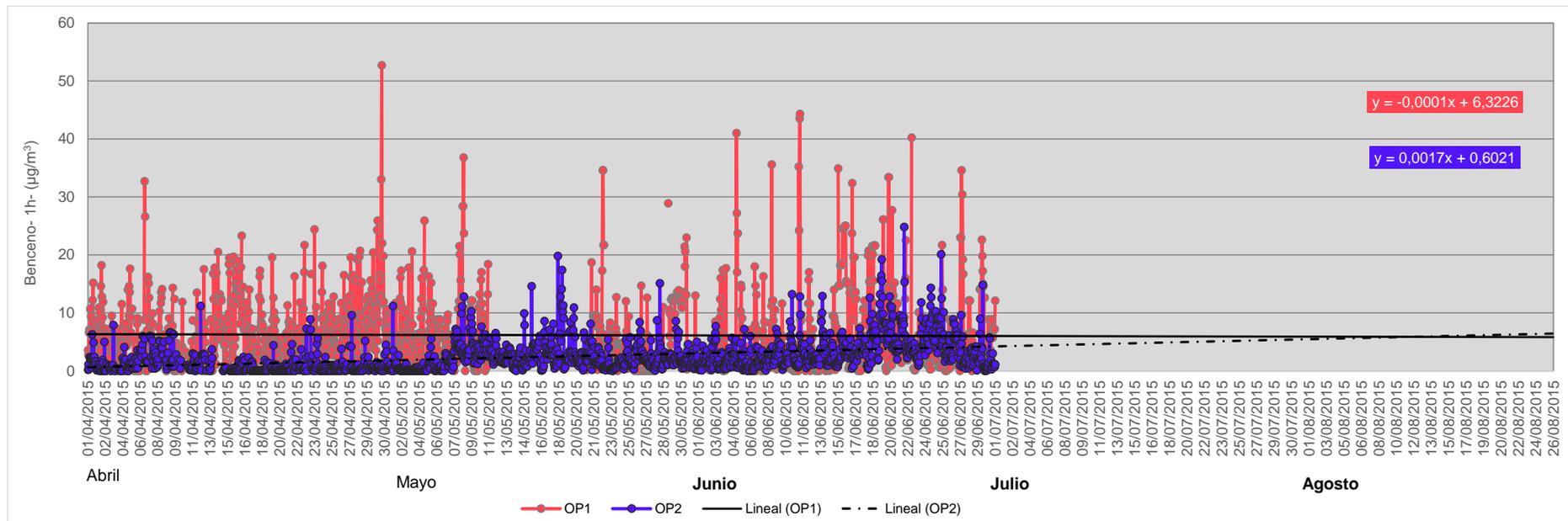


1.2.2. ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA CONCENTRACIÓN DE BENCENO DETECTADA EN LOS OPEN PATHS 1 Y 2.

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 analizar la tendencia actual para Benceno, debido que no se cuenta con datos para el trimestre completo de junio a agosto, el análisis fue realizado teniendo en cuenta los meses de abril y mayo de 2015.

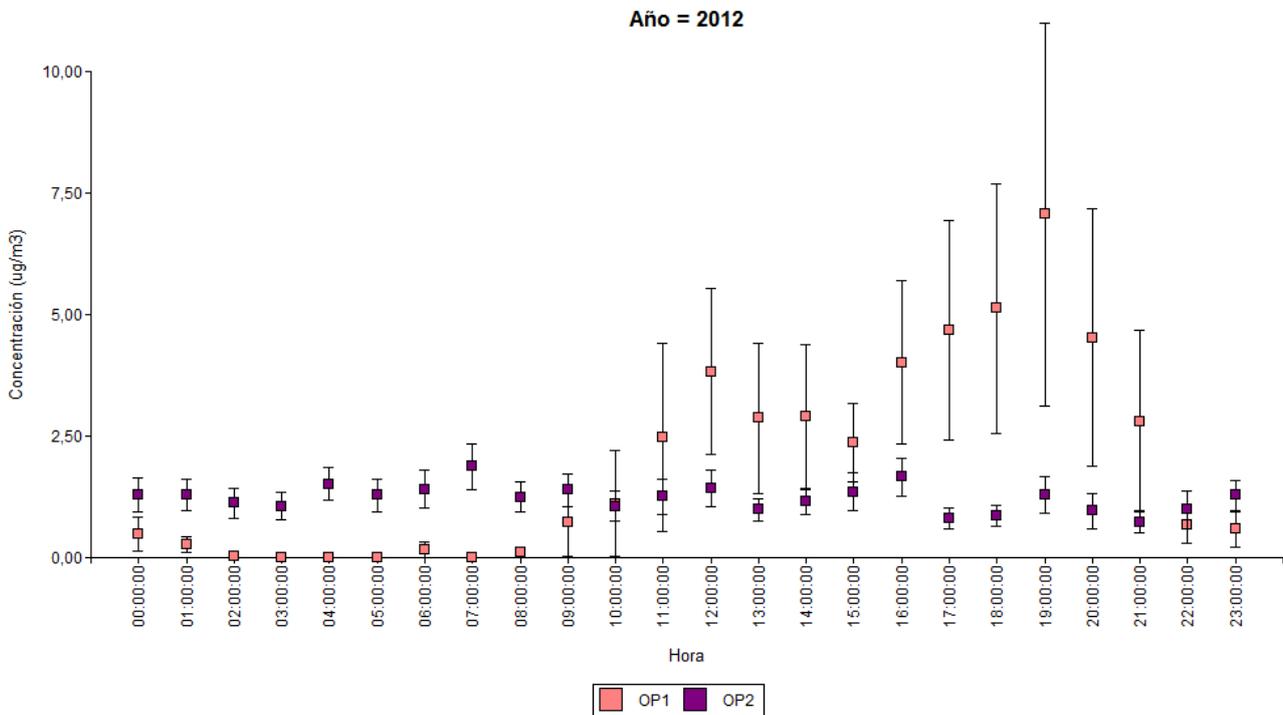
Para el monitoreo realizado con el Open Path 1, la pendiente de la recta de regresión (Figura 35- *recta de color rosa*) estimada ($-0,0001 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una tendencia levemente decreciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de Benceno en aire durante los meses de abril a agosto. Para el monitoreo realizado con el Open Path 2, la pendiente de la recta de regresión (Figura 35- *recta de color violeta*) estimada ($0,0017 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), indica una tendencia creciente de los valores de la concentración media (tiempo de promedio: 1 hora) de Benceno en aire durante los meses de abril a agosto. Sin embargo, los valores de concentración de Benceno para el OP1 son mayores y se detectan picos horarios más pronunciados.

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

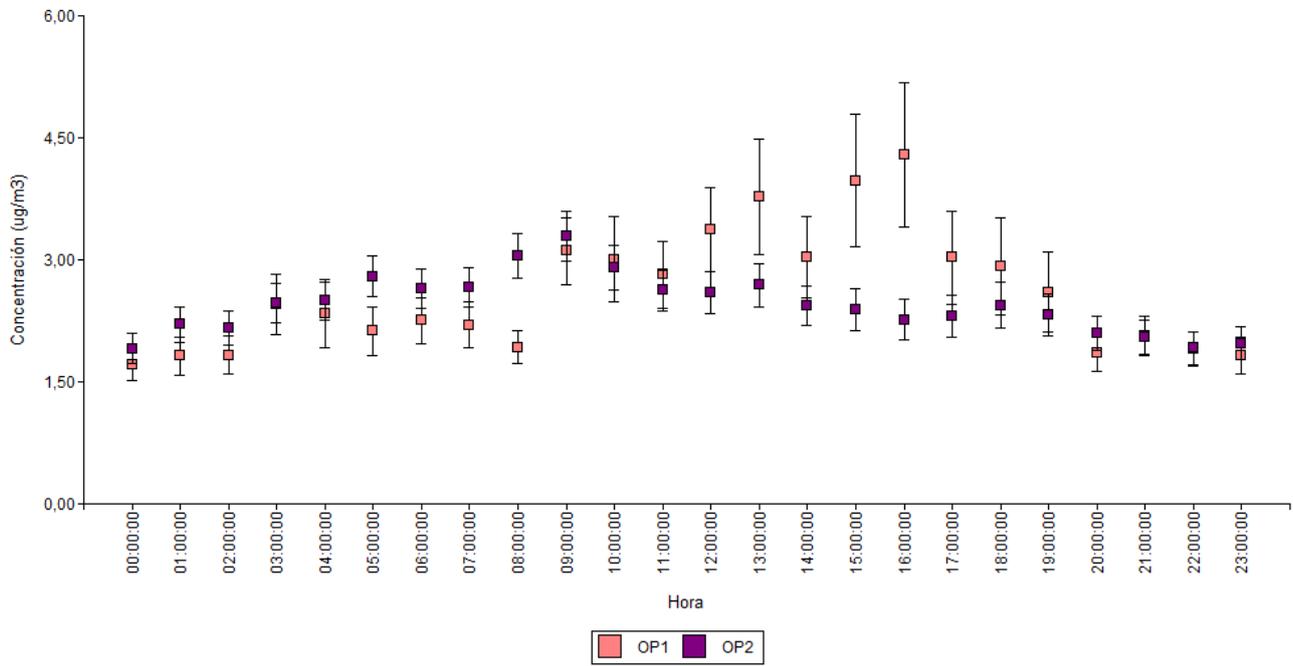


El comportamiento de los valores de concentración horarios de Benceno medidos en los Open Path ha ido cambiando en el tiempo, y estos valores difieren entre ambos sitios de monitoreo, particularmente en el año 2014 y hasta junio de 2015 (Figura 36). Esto puede estar indicando la posibilidad de que estos 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 a primera hora de la mañana y 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.

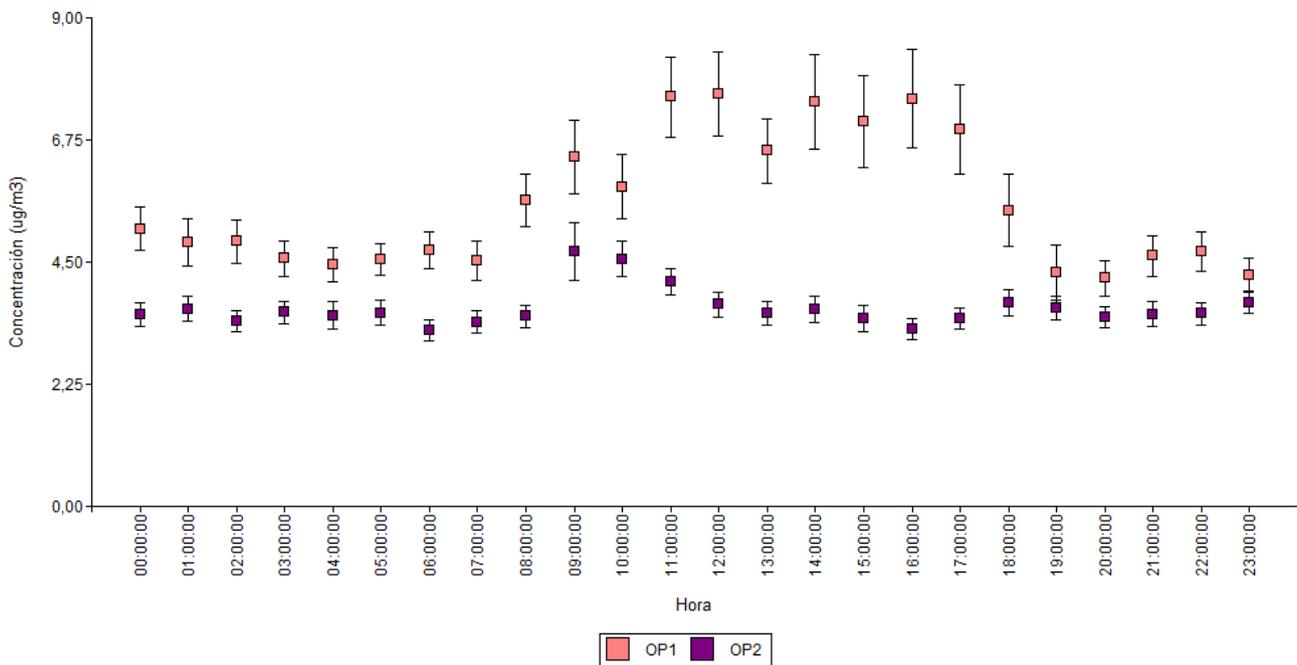
Figura 36. Valores de concentración (media \pm error estándar) de benceno- 1h ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) por horas del día medidos en los equipos de Paso Abierto (OP1 y OP2) ubicados en Dock Sud (años 2012-2015).

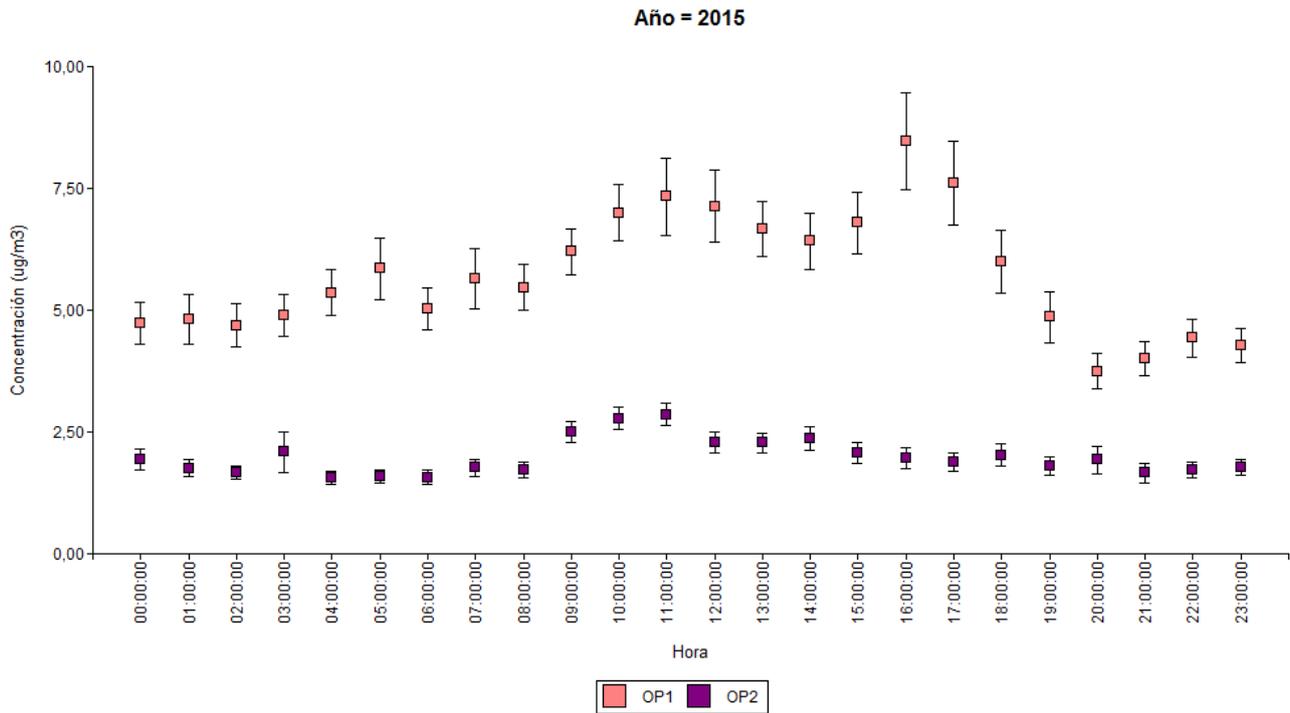


Año = 2013



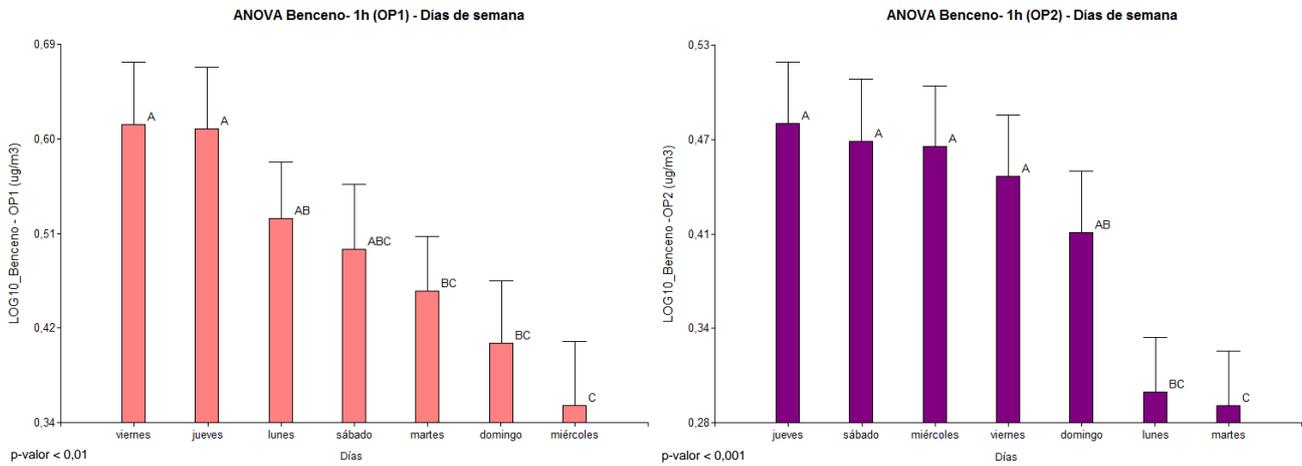
Año = 2014





A partir del análisis de varianza de la concentración de Benceno en los equipos de Paso Abierto para los diferentes días de semana (para el mes de junio de 2015- Figura 37), se identificaron para el OP1 los días Jueves y Viernes, seguido de Lunes y luego Sábado como aquellos que incidieron significativamente (con un nivel de probabilidad de 0,01) en los valores más elevados de Benceno; mientras que para el OP2 los días Miércoles, Jueves, Viernes y Sábado, seguido de Domingo como aquellos que inciden significativamente (con un nivel de probabilidad de 0,001) en los valores más elevados de Benceno.

Figura 37. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración (media \pm error estándar) de Benceno-1h (Junio de 2015) en los equipos de Paso Abierto (OP1 y OP2) ubicados en Dock Sud para los diferentes días de semana.



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

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 38 y 39 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 38. 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 µg.m⁻³

3.

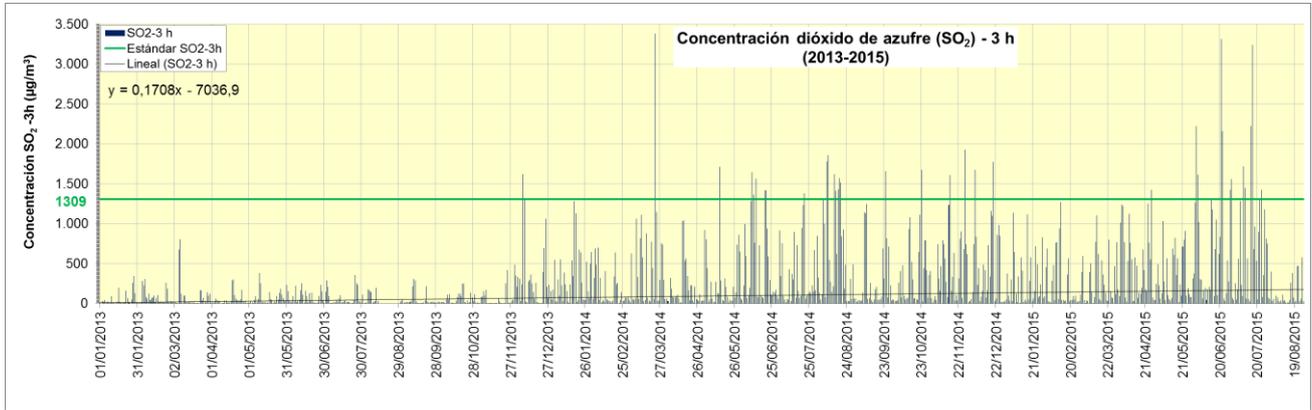
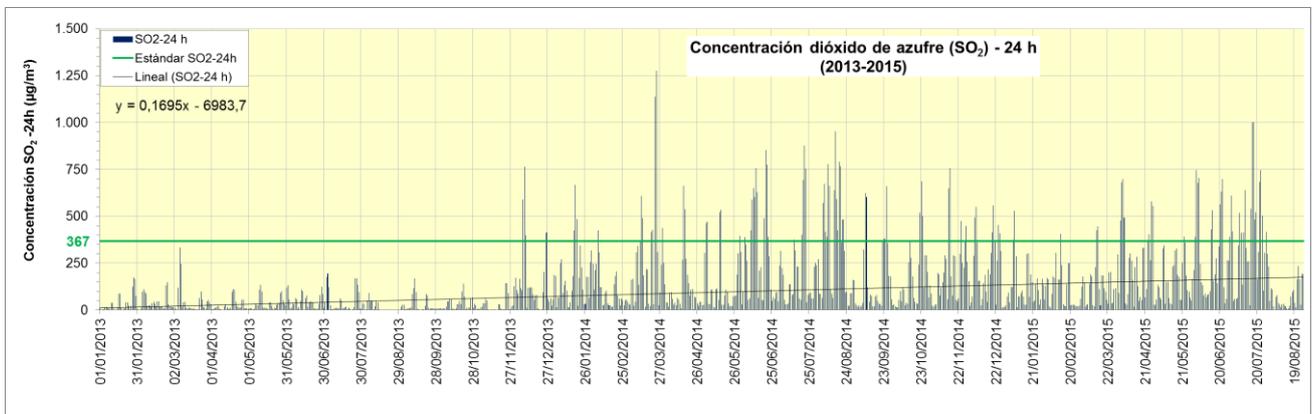


Figura 39. Incremento de la concentración de SO₂ (medias móviles - 24 h) medida en la Estación de Monitoreo Continuo y Automático (EMC) ubicada en Dock Sud (período 2013-2015). Los resultados se expresan en µg.m⁻³

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 9).

Tabla 9. 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 10).
- El percentil 98 –P (98)- del valor promedio temporal de 24 horas consecutivas (*no móviles*) de 3 años consecutivos (Tabla 11).
- El promedio de las medias anuales de 3 años consecutivos (Tabla 12).

Tabla 10. 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		4282	843,00		

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 11. 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		4275	594,13		

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 12. 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		4258	125,56		

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 TRIMESTRAL (JUNIO-AGOSTO DE 2015)

Con respecto al período trimestral junio-agosto de 2015, las siguientes excedencias diarias y horarias (Tabla 12) fueron detectadas (para SO₂ 3 y 24 h-medias móviles consecutivas):

Dióxido de azufre (3 y 24 h): Para el parámetro SO₂ 3 h y 24 h (Estándares de Calidad de Aire: 1,309 mg/m³ y 0,367 mg/m³, respectivamente) los valores máximos horarios y diarios alcanzados fueron: **Junio:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,718 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,664 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 3,315 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,746 mg/m³. **Julio:** máximos diarios SO₂ 3h: 1,034 mg/m³ – SO₂ 24 h: 0,789 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 3,242 mg/m³ – SO₂ 24h: 1,002 mg/m³. **Agosto:** máximos diarios SO₂ 3h: 0,200 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,186 mg/m³ y máximos horarios SO₂ 3h: 0,576 mg/m³ – SO₂ 24h: 0,233 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 12. 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 trimestral: junio-agosto de 2015). Los valores son presentados en mg/m³.

Parámetro	Tiempo de promedio	Junio			Julio			Agosto			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)	Fechas de excedencias	Máx. diario (mg/m ³)	Máx. horario (mg/m ³)	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3 h	01, 02, 13, 21, 28, 29	0,718	3,315	09, 10, 15, 16, 23	1,034	3,242	S/E	0,200	0,576	1,309
	24 h	01, 02, 03, 13, 14, 20, 21, 22, 28, 29	0,664	0,746	06, 07, 09, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 27	0,789	1,002	S/E	0,186	0,233	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 40. Rosa de los vientos y distribución de frecuencia de velocidad de vientos correspondiente a los meses de junio-agosto de 2015. Datos meteorológicos obtenidos de la Estación de Monitoreo Continuo (EMC) ubicada en Dock Sud.

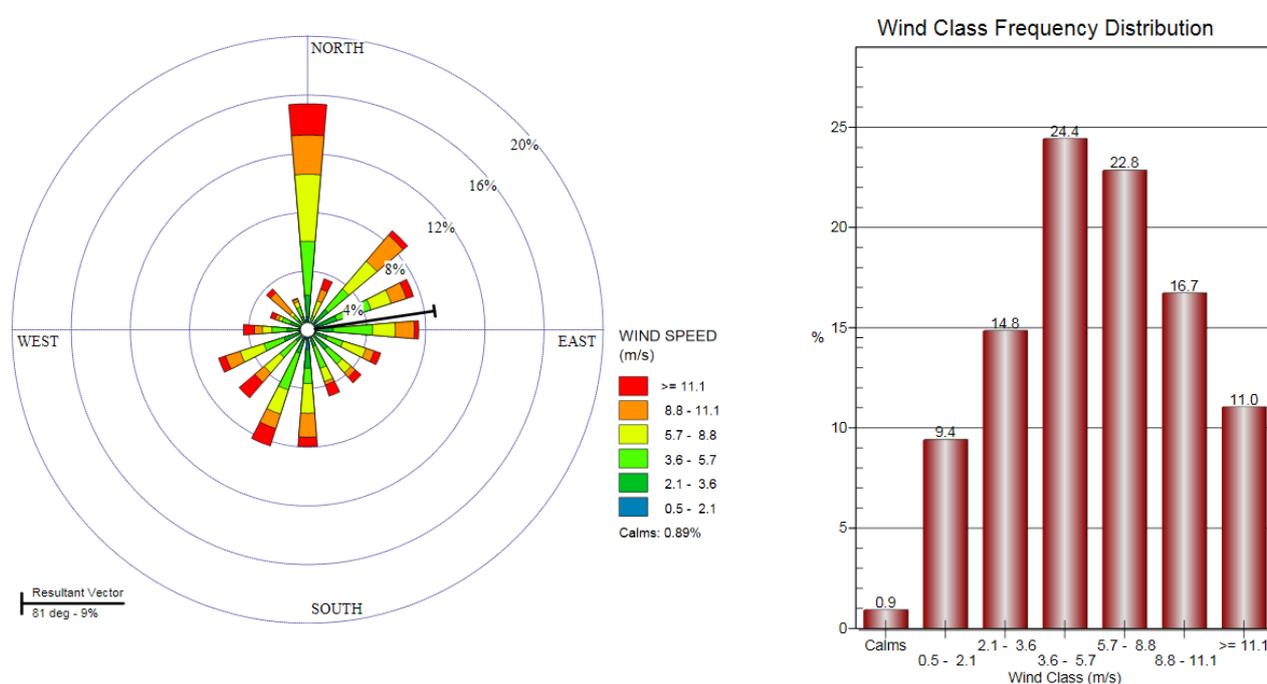


Tabla 13. Medidas resumen de la meteorología registrada en la estación meteorológica de la EMC durante el trimestre junio-agosto de 2015.

Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Temperatura (°C)	2045	14,32	3,40	3,80	24,30
Humedad Relativa (%)	2045	75,37	15,10	29,00	95,00
Presión atmosférica (hPa)	2045	1016,8	6,72	995,4	1033,0
Velocidad del viento (m/s)	2045	12,62	7,00	0,00	39,00
Lluvias (mm)	809	0,06	0,42	0,00	6,10

En comparación con el trimestre anterior (marzo-mayo de 2015), la temperatura media registrada para el período bajo estudio fue 6 °C menor, y con vientos más intensos (con un 16,7% de frecuencia de velocidad

de vientos en el rango entre 8,8 y 11 m/s; un 11% de los vientos mayores a 11 m/s y un 0,89% de calmas). Si bien se detectaron vientos provenientes de distintas direcciones, predominaron aquellos del N (15,35%) al igual que el trimestre anterior, seguido de vientos del NE, SSW y S. La humedad relativa se mantuvo estable y los valores horarios máximos de precipitaciones fueron menores al período anterior.

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 41. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 01, 02 y 03 de junio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

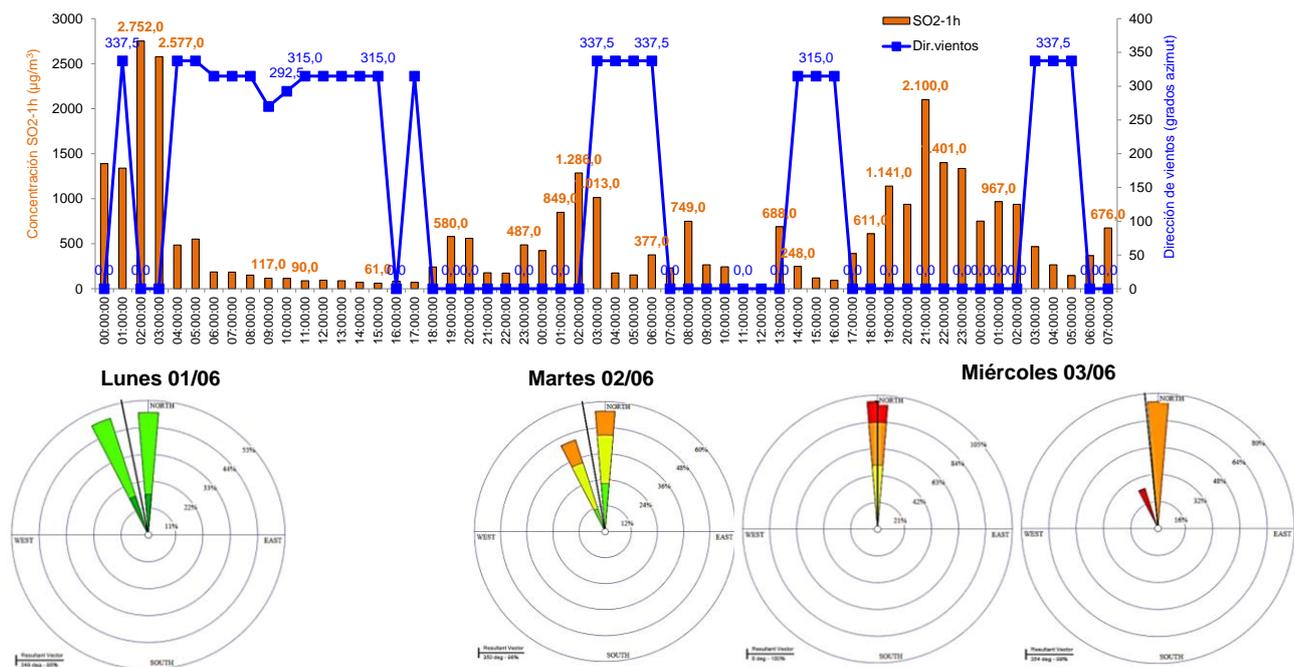


Figura 42. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 13 y 14 de junio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

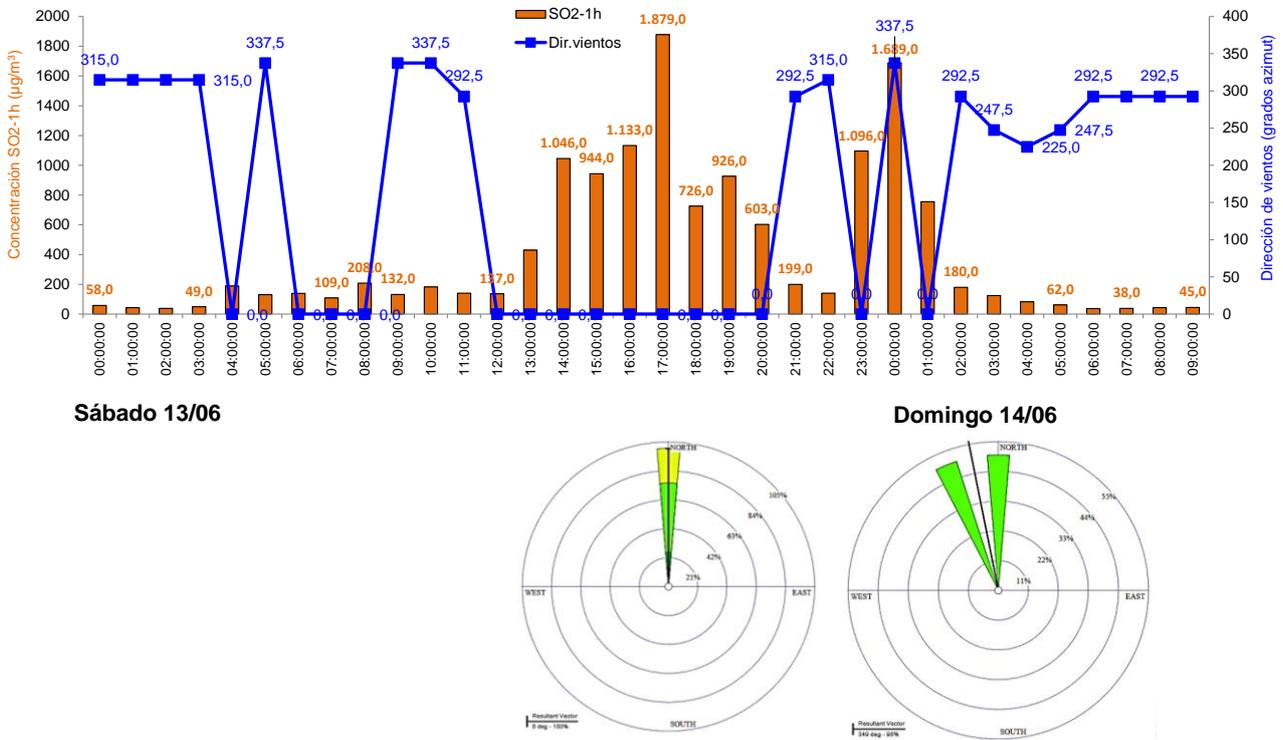


Figura 43. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 19, 20 y 21 de junio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

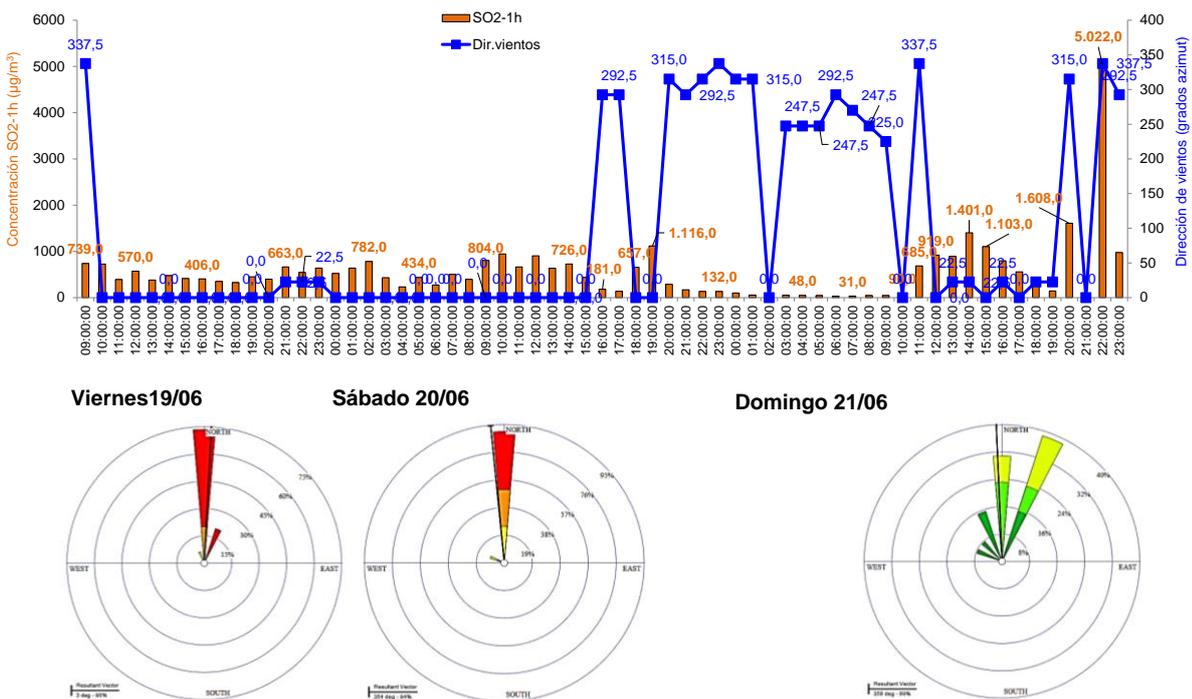


Figura 44. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 28 y 29 de junio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

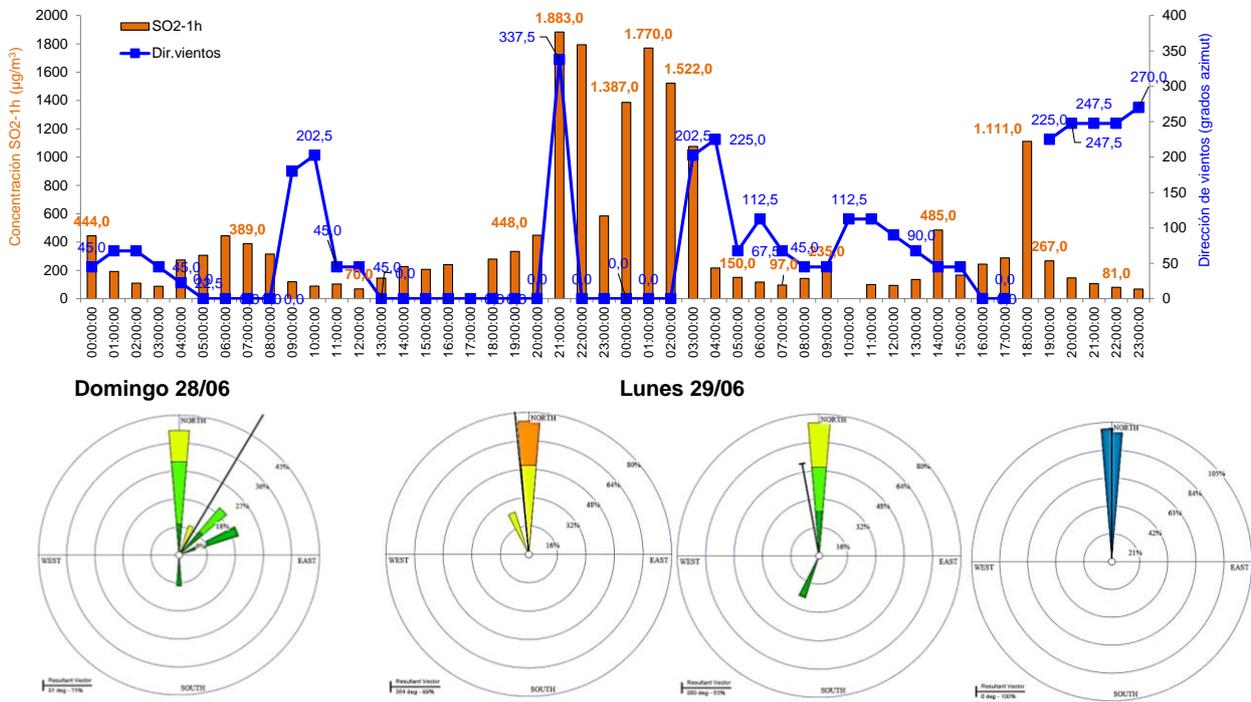


Figura 45. Concentraciones horarias de SO₂ (para el día 06 de julio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

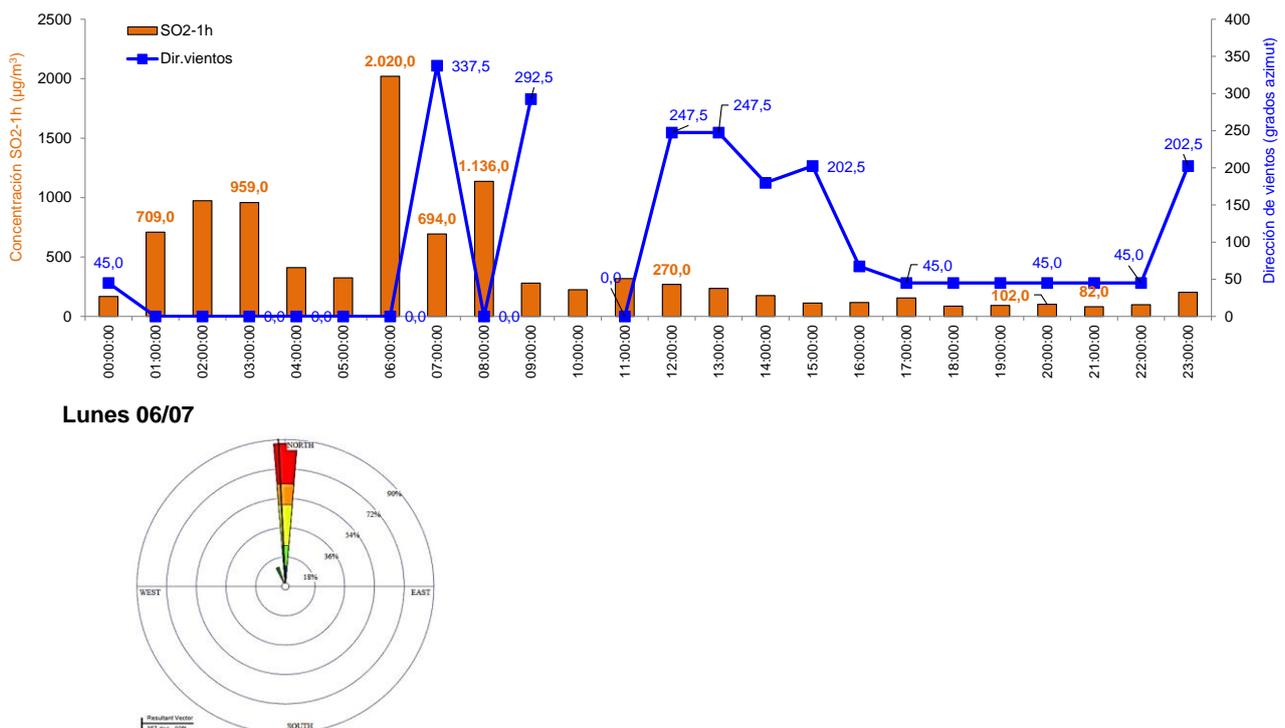


Figura 48. Concentraciones horarias de SO₂ (para los días 21, 22 y 23 de julio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

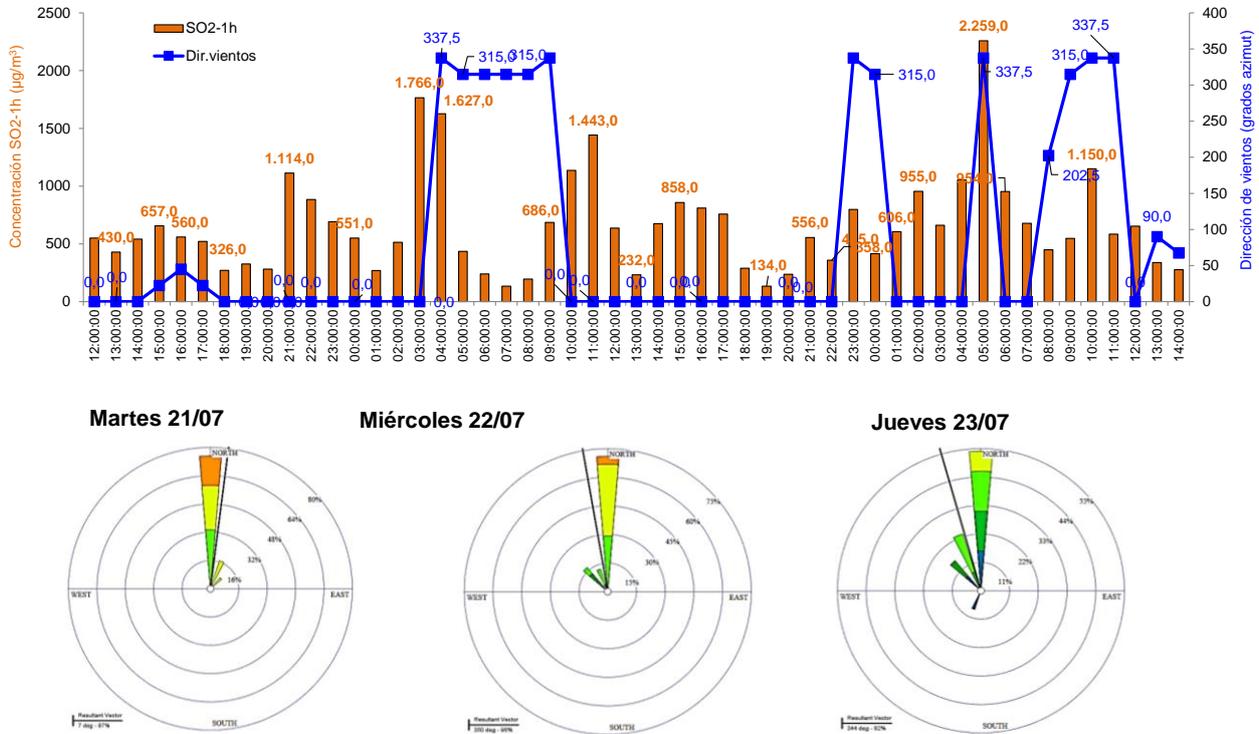


Figura 49. Concentraciones horarias de SO₂ (para el día 26 de julio de 2015) que derivaron en excedencias, meteorología horaria y rosas de los vientos de las horas de excedencias registradas.

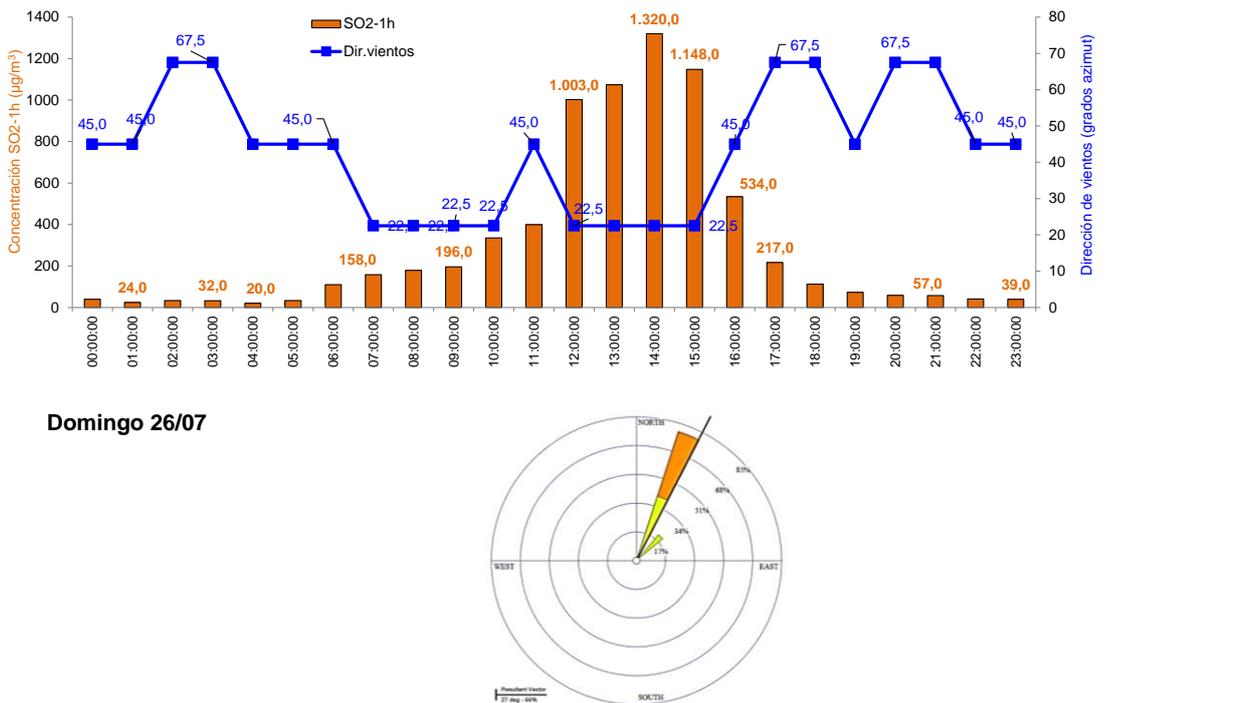
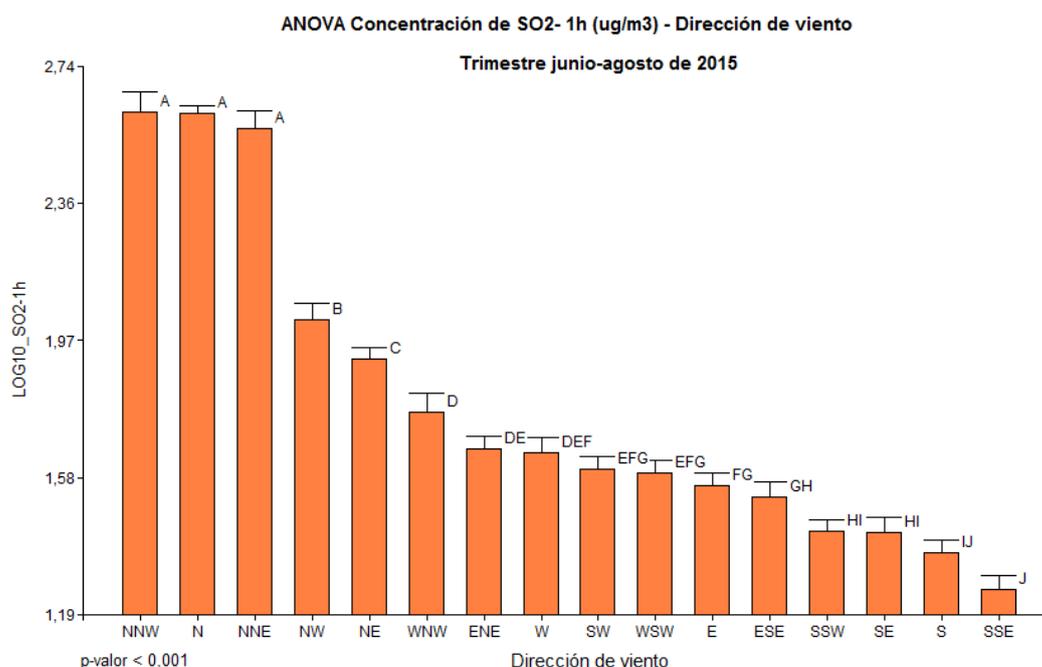
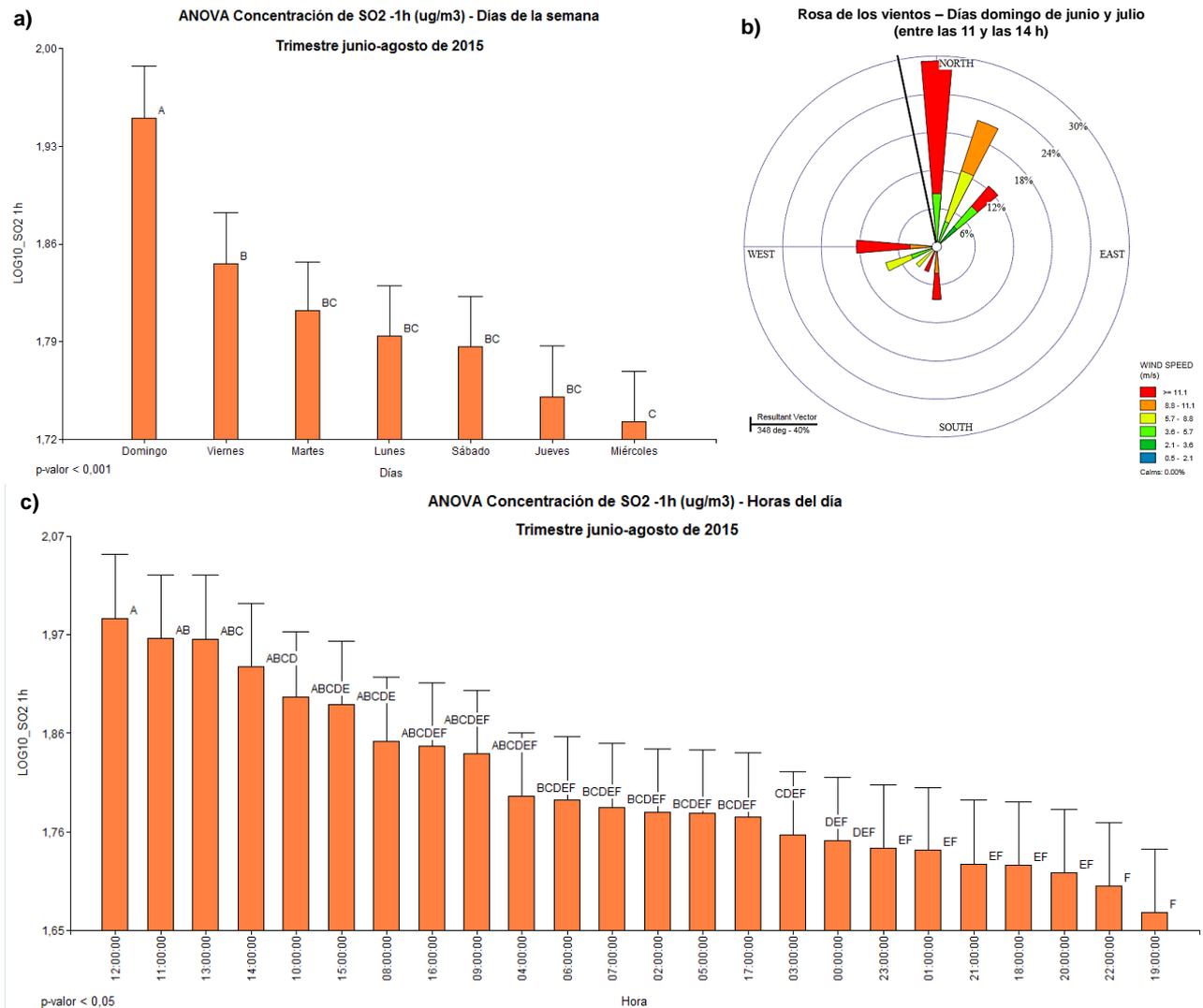


Figura 50. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de SO₂ (µg/m³) (trimestre junio-agosto de 2015) medida en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para las diferentes direcciones de viento (media ± error estándar).



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 51. a) Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de SO₂ (µg/m³) (trimestre junio-agosto de 2015) medida en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para los diferentes días de semana (media ± error estándar); **b)** Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de SO₂ (µg/m³) (trimestre junio-agosto de 2015) medida en la Estación de Monitoreo Continuo en Dock Sud para las diferentes horas del día (media ± error estándar); **c)** Rosa de los vientos de los días domingo de junio y julio (entre las 11:00 y las 14:00 h).



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

A partir del análisis de la meteorología horaria, se observa que las excedencias de SO₂ registradas por la EMC en Dock Sud están influenciadas en parte por la dirección de vientos, siendo las principales direcciones que inciden significativamente (con un nivel de probabilidad de 0,001) en las excedencias: NNW, N y NNE (coincidiendo con la ubicación de gran parte de las industrias emisoras de SO₂). Por otra parte, para este trimestre (puntualmente para los meses de junio y julio) se observa que las concentraciones de SO₂ fueron

significativamente mayores los días domingo, y las horas más significativas entre las 11:00 y las 14:00 h. Al analizar la rosa de los vientos para estas condiciones (días domingo de junio y julio entre las 11:00 y las 14:00 h) se observa que se registraron vientos intensos (mayores a 11 m/s) predominantemente del N (coincidiendo con la ubicación de gran parte de las industrias emisoras de SO₂), seguido de vientos entre medios a intensos (entre 8,8 y 11 m/s) del NNE, como así también vientos intensos del NE y O. Es decir que la meteorología reinante (vientos intensos del N y NNE) es la que determinó la detección de las excedencias registradas por la EMC, que para este período fueron significativamente mayores los días domingo.

3. ACCIONES LLEVADAS A CABO A PARTIR DE LA DETECCIÓN DE EXCEDENCIAS EN EL TRIMESTRE JUNIO–AGOSTO DE 2015

Considerando que durante el trimestre junio-agosto de 2015 se observaron excedencias en el parámetro dióxido de azufre (para 3 y 24 h), por tal motivo se realizaron acciones para identificar las posibles causas y tomar medidas de mitigación al respecto para evitar futuras excedencias.

3.1. NOTIFICACIÓN DE LAS EXCEDENCIAS DE SO₂

De manera periódica, la Coordinación de Calidad Ambiental (CDCA) reporta las excedencias de dióxido de azufre. Con fecha 10 de septiembre de 2015, la Dirección General de Salud Ambiental (DGSA) de la ACUMAR, con motivo de dar respuesta al Memorandum CDCA N° 143/2015 sobre excedencias de SO₂ registradas el día 21/06/2015 a las 20, 21 y 22 h, expone que *“No se recibieron hasta el momento reportes sobre personas sintomáticas afectadas por la exposición informada. (...) La DGSA cuenta con personal de salud capaz de realizar controles de salud y de patologías que dicha exposición produce, brindando el correspondiente tratamiento sintomático. No obstante, se considera pertinente controlar y/o erradicar definitivamente las fuentes de contaminación”*.

3.2. EVALUACIÓN DEL EQUIPO ANALIZADOR DE SO₂

En el mes de junio de 2015, la CDCA elaboró un informe del análisis de las tareas de mantenimiento y calibración del equipo analizador de SO₂ de la EMC, evaluando esto con los días que se registraron excedencias. A partir de lo analizado, se observó que no existe una relación causal entre las tareas de mantenimiento-calibración del equipo analizador de SO₂ y las excedencias de este contaminante, y que esto estaría indicando un normal funcionamiento del equipo.

Equipo analizador de dióxido de azufre (SO₂) - Especificaciones técnicas:

- Método de medición: Fluorescencia UV.
- Marca del equipo: Environnement S.A.
- Modelo: AF 22M (Figura 52)
- Normas de cumplimiento: ISO 10498 y EN 14212:2005.
- Aprobación por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) – Método de referencia automatizada: EQSA – 0802-149. Disponible en:

<http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/criteria/reference-equivalent-methods-list.pdf>

- Más información del equipo analizador disponible en:

http://www.siafa.com.ar/catalogos/Environnement/Catalogo_AF22M_esp_2011-08.pdf

Figura 52. Analizador de dióxido de azufre (Environnement S.A. – Modelo AF22M)

**Funcionamiento y tareas de mantenimiento del equipo:**

- Calibración manual del equipo:** *1 vez por mes*, el tiempo que lleva cada calibración varía en función de la respuesta del equipo de *2 a 3 horas*, aproximadamente. El mismo equipo mide H₂S, por tanto cuando se calibra este gas lleva 1 hora más de tiempo.
- Cambio de filtro de 5 µm:** *1 vez por mes*.
- Zero de referencia:** se realiza automáticamente y tarda *15 minutos*, *1 vez por día*.
- Cambio de filtros de carbón activado:** *1 vez al año*.
- Tareas de mantenimiento preventivo:** *1 vez al año*. Dejan al equipo sin funcionar durante 1 o 2 días, aproximadamente.
- Tareas correctivas:** se realizan cuando existe una falla, aquí el tiempo en que se encuentra fuera de funcionamiento depende de lo que le lleve reparar el equipo.
- Otras Tareas: Funcionamiento de generador de energía eléctrica:** Cuando se registran cortes de luz, el generador empieza a funcionar, y se notifica con un envío automático de un correo electrónico.

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
- 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.
- Sanchez, M.L., Torre, B.D., Garcia, M.A. and Pérezza, 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
