

# Calidad de aire agosto - 2024

Distrito de Tacna - Escuela de Posgrado UNJBG

Gobierno Regional de Tacna

2024-09-03

El presente reporte muestra los resultados del monitoreo de la calidad de aire, el cual fue realizado con la estación de monitoreo de calidad de aire del Gobierno Regional de Tacna en un espacio proporcionado por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en el distrito de Tacna durante el 23 de agosto del 2024 al 31 de agosto del 2024. Los parámetros de calidad de aire evaluados fueron dióxido de azufre, material particulado con diámetro menor a 2.5 micras, material particulado con diámetro menor a 10 micras, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono troposférico y sulfuro de hidrógeno. Así también, se presentan los datos meteorológicos generados por la estación de monitoreo. Como valores de referencia de calidad de aire se tomaron seis parámetros comparables con los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante ECA) para aire del Perú (Ministerio del Ambiente, 2017) y también se tomo como referencia los niveles de referencia sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2021). Como principales paquetes computaciones de R que llevaron a cabo el procesamiento de la información se tiene a zoo (Zeileis & Grothendieck, 2005), tidyverse (Wickham et al., 2019) y openair (Carslaw & Ropkins, 2012).

Tabla 1: Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Período	Valor (ug/m3)	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>1</sup>
SO <sub>2</sub>	24 horas	250	NE <sup>2</sup> más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
NO <sub>2</sub>	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (método automático)
PM <sub>2.5</sub>	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación incercial/filtración (gravimetría)
PM <sub>10</sub>	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación incercial/filtración (gravimetría)
CO	1 hora	10000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (método automático)
	8 horas	30000	Media aritmética móvil	
O <sub>3</sub>	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (método automático)
H <sub>2</sub> S	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (método automático)

Una manera muy útil de medir la calidad de aire de diferentes zonas del país era utilizando el Índice de Calidad de Aire del Perú, sin embargo este instrumento técnico se encuentra desactualizado respecto a la normaltiva vigente. Es por ello que en este estudio se utilizó el Índice de Calidad de Aire (AQI por sus siglas en inglés) de la US-EPA (United States Environmental Protection Agency, 2024) cuya simbología se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2: Rangos del AQI y su simbología de colores

Categoría	Rango AQI	Color
Buena	0 - 50	Verde
Moderada	51 - 100	Amarillo
No saludable para grupos sensibles	101 - 150	Naranja
No saludable	151 - 200	Rojo
Muy no saludable	201 - 300	Púrpura
Peligrosa	301 - 500	Marrón

<sup>2</sup>NE: No exceder más de una cantidad

<sup>1</sup>O método equivalente aprobado

1 Estación de monitoreo de calidad de aire EMCA - 04

Durante el 23 de agosto del 2024 al 31 de agosto del 2024 se realizó el monitoreo de calidad de aire utilizando la Estación Móvil de Monitoreo de Calidad de aire logrando registrar datos horarios de calidad de aire.

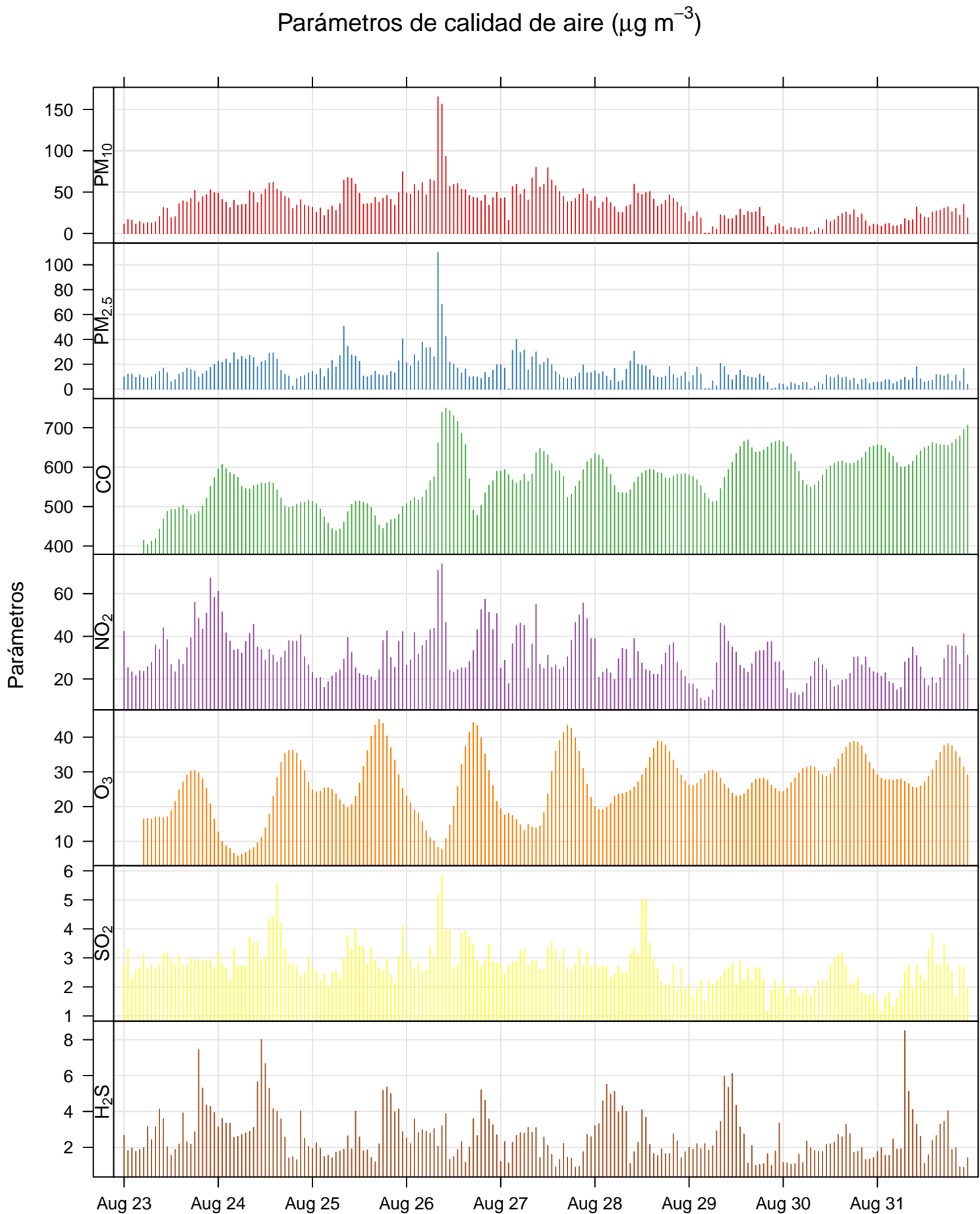
Figura 1: Mapa de Ubicación de la estación EMCA - 04



## 2 Parámetros de calidad de aire

En la figura 2 se presenta el comportamiento horario de la concentración medida en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de los parámetros de calidad de aire ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $H_2S$ ) medidos en la estación de monitoreo de calidad de aire del Gobierno Regional de Tacna durante el 23 de agosto del 2024 al 31 de agosto del 2024.

Figura 2: Datos horarios de calidad de aire de la estación evaluada

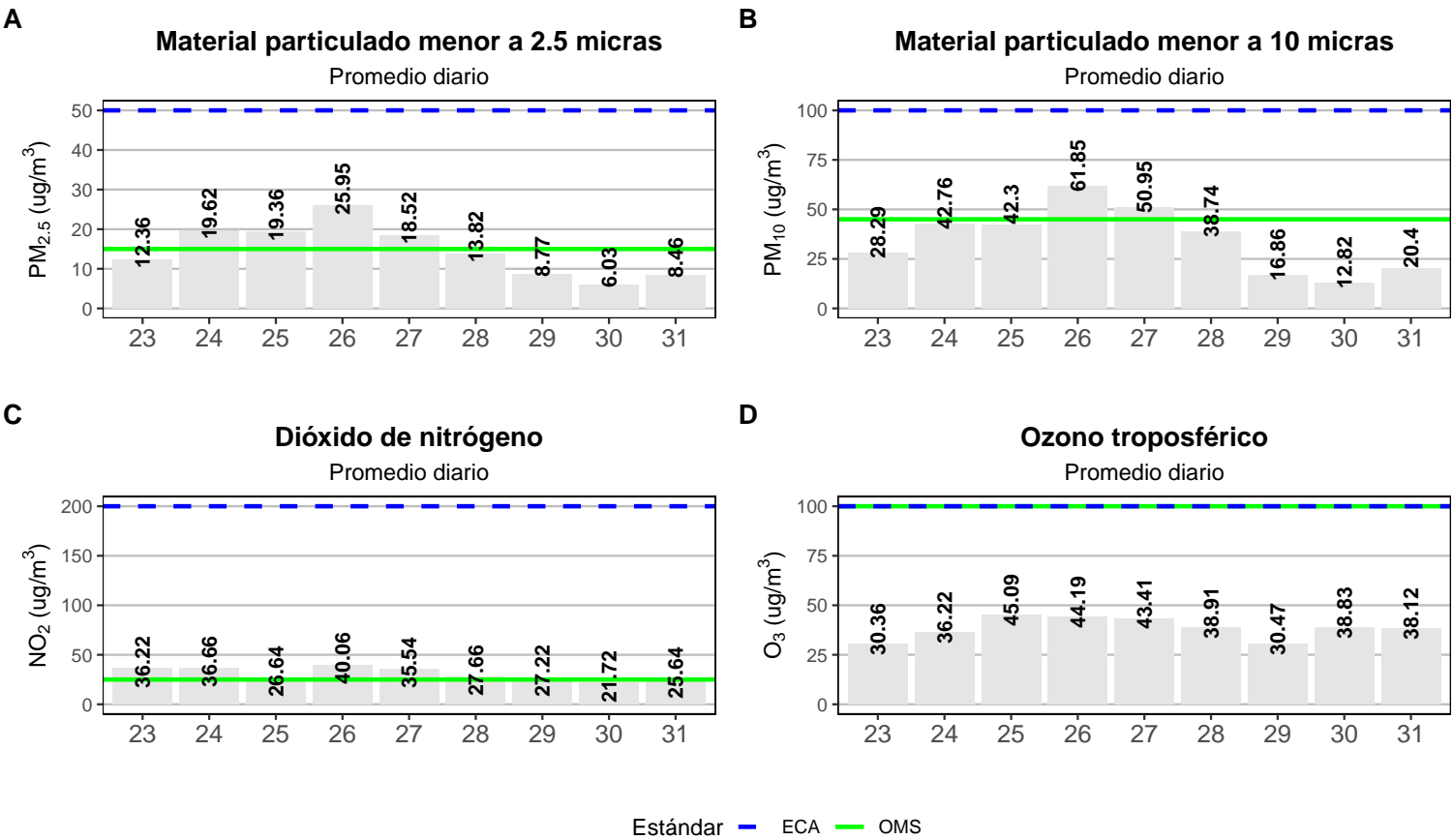


2.1 Comparación con el Estándar de Calidad de aire

2.1.1 Datos diarios de calidad de aire

A continuación, se presenta la comparación de los valores obtenidos durante el monitoreo de calidad de aire con los valores de referencia que proporciona el Estándar de Calidad Ambiental de Aire.

Figura 3: Comparación de datos diarios con el Estándar de Calidad Ambiental de Aire - 23 de agosto al 31 de agosto



Por otro lado los valores diarios registrados de los parámetros  $SO_2$ ,  $H_2S$  y  $CO$  se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Comparación con el ECA de los datos diarios

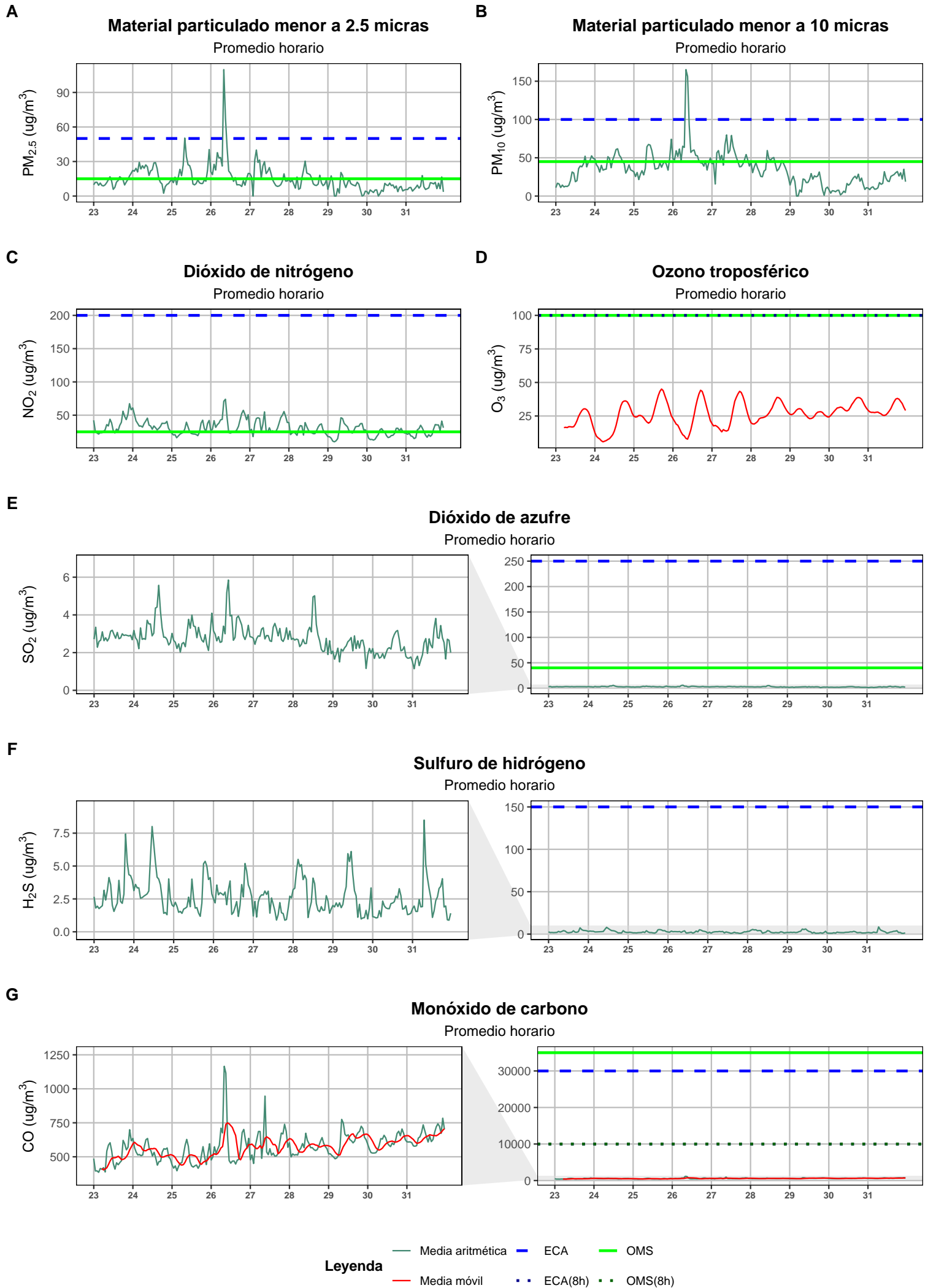
Parámetros	23-08	24-08	25-08	26-08	27-08	28-08	29-08	30-08	31-08	ECA	OMS
SO2	2.8	3.2	2.9	3.3	2.9	2.8	2.2	2.2	2.3	250	40
H2S	3.0	3.4	2.6	2.8	2.0	2.9	2.6	1.8	2.6	150	NA
CO (8h)	496.1	534.3	479.9	606.9	591.9	570.1	616.5	606.1	655.4	30000	10000
CO (1h)	479.9	547.0	479.6	592.9	587.5	579.3	604.7	606.8	646.9	10000	35000

Lo visto en la figura 3 y la tabla 3 muestra que los valores diarios medidos no superan el Estándar de Calidad Ambiental de Aire en ningún día de medición. Sin embargo, al realizar la comparación con el Estándar de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los parámetros  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  y  $NO_2$  superan su estándar de calidad en varios días de medición.

2.1.2 Datos horarios de calidad de aire

A continuación se muestran los datos por hora de los parámetros comparables con los Estándares de Calidad de Aire del Perú (ECA) y los Umbrales de Calidad de Aire Global de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El gráfico muestra que los parámetros  $NO_2$ ,  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  superan los umbrales de ambos estándares en algunos momentos de medición, en el caso de los parámetros  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$  y  $CO$  no se llega a superar ninguno de los estándares en ningún momento del periodo de monitoreo. Así también, para una comprensión semanal de los datos horarios ver la figura 5.

Figura 4: Comparación de datos horarios con el Estándar de Calidad Ambiental de Aire - 23 de agosto al 31 de agosto



**C**

**Dióxido de nitrógeno**

Promedio horario

**D**

**Ozono troposférico**

Promedio horario

**E**

**Dióxido de azufre**

Promedio horario

**F**

**Sulfuro de hidrógeno**

Promedio horario

**G**

**Monóxido de carbono**

Promedio horario

**Leyenda**

Media aritmética

Media móvil

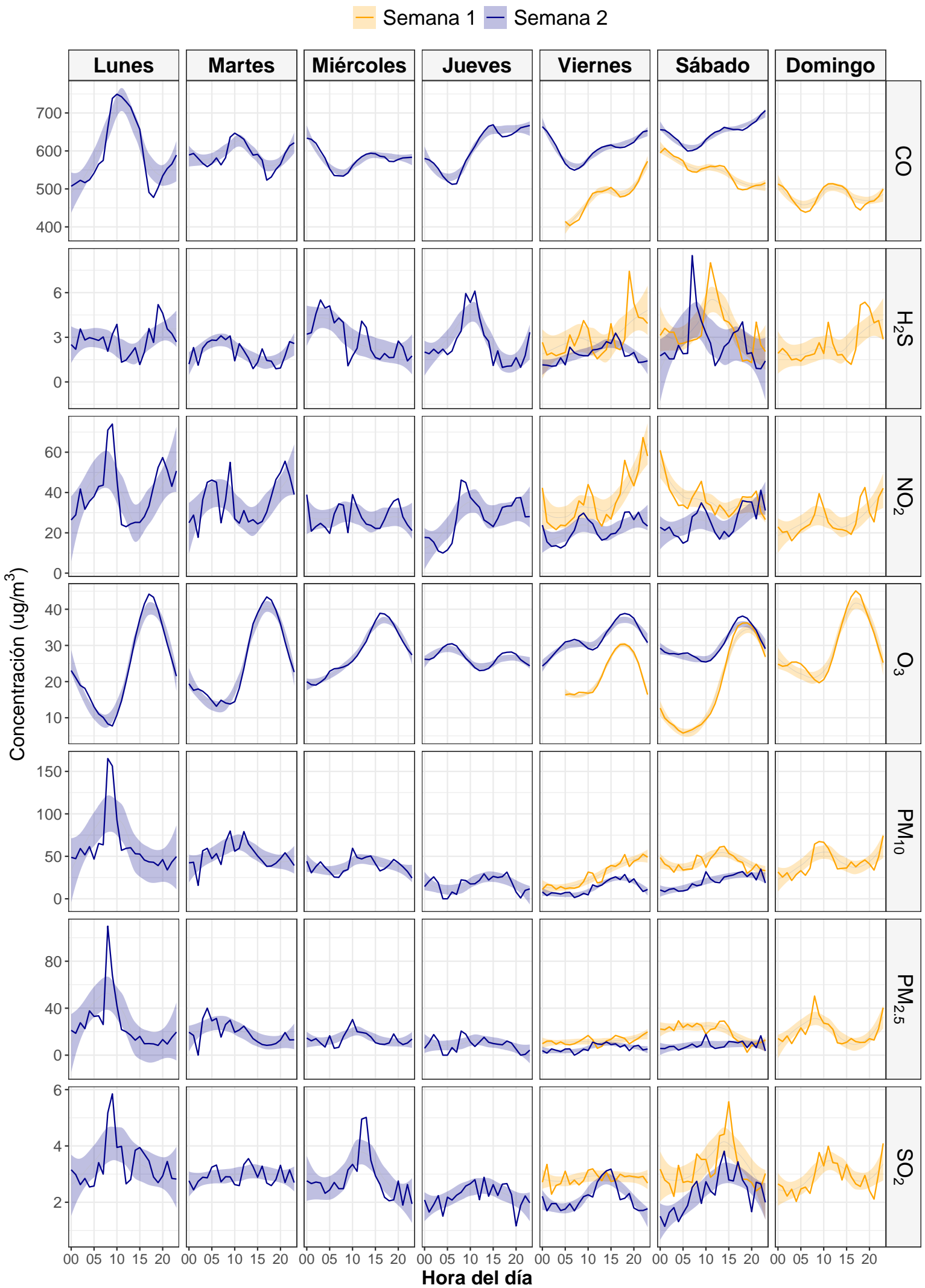
ECA

ECA(8h)

OMS

OMS(8h)

Figura 5: Comportamiento semanal de datos horarios - 23 de agosto al 31 de agosto

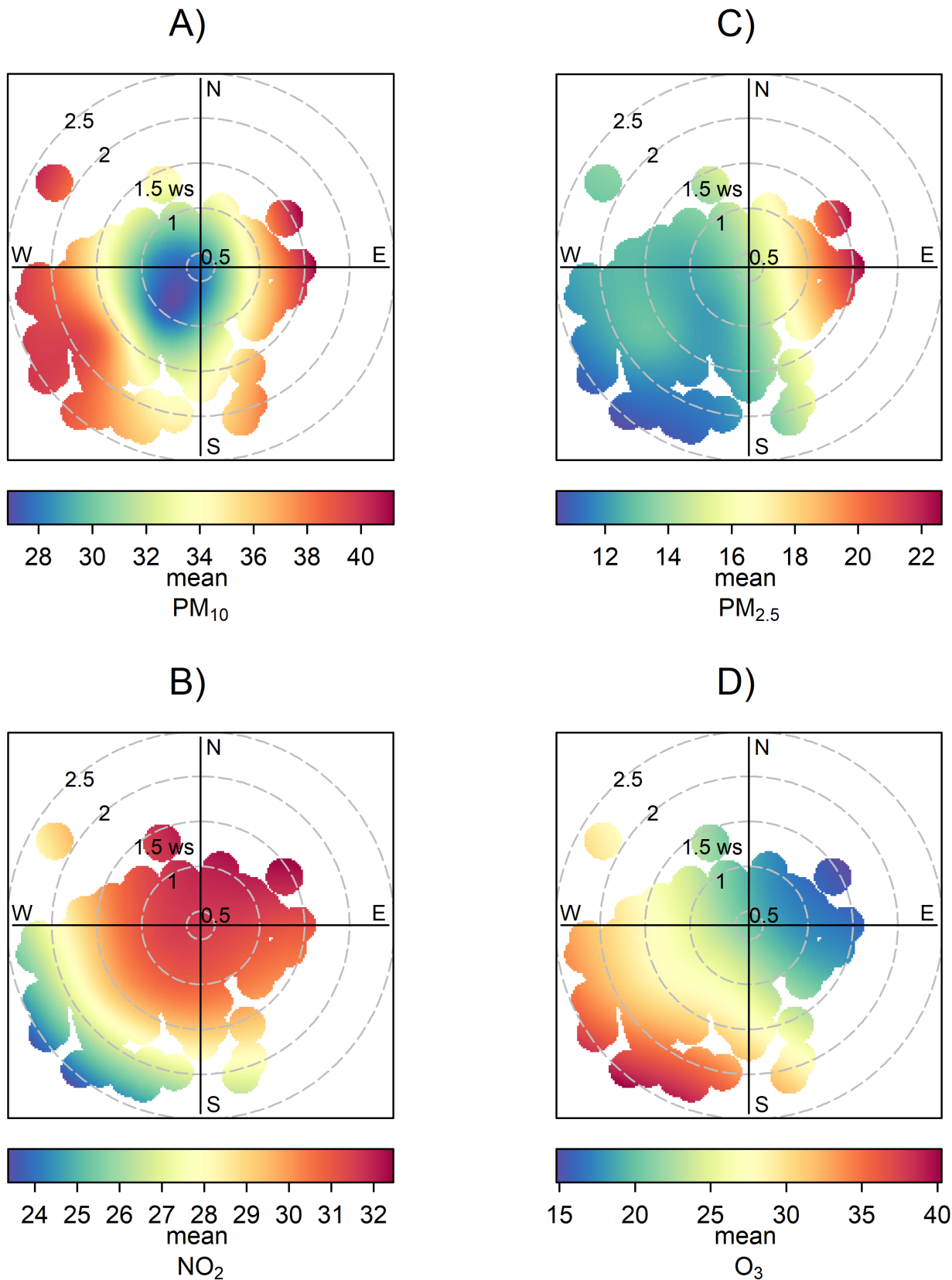




### 2.1.3 Gráficos polares

En la figura 6 se aprecia que la representación polar de 4 parámetros de calidad de aire de interés  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  y  $O_3$ . En el caso del parámetro  $PM_{10}$  este muestra mayores concentraciones con mayores niveles de velocidad de viento por regiones que ocupan el oeste, el sur, y el este, en el caso del  $PM_{2.5}$  los mayores concentraciones se encuentran donde los niveles de velocidad del viento son menores, estas concentraciones se sitúan hacia el este. Las mayores concentraciones de  $NO_2$  se presentan con valores reducidos de velocidad de viento, hacia todas las direcciones de viento del gráfico. Los valores de  $O_3$  se presentan con valores altos de velocidad de viento con mayor predominancia hacia el oeste y hacia el suroeste.

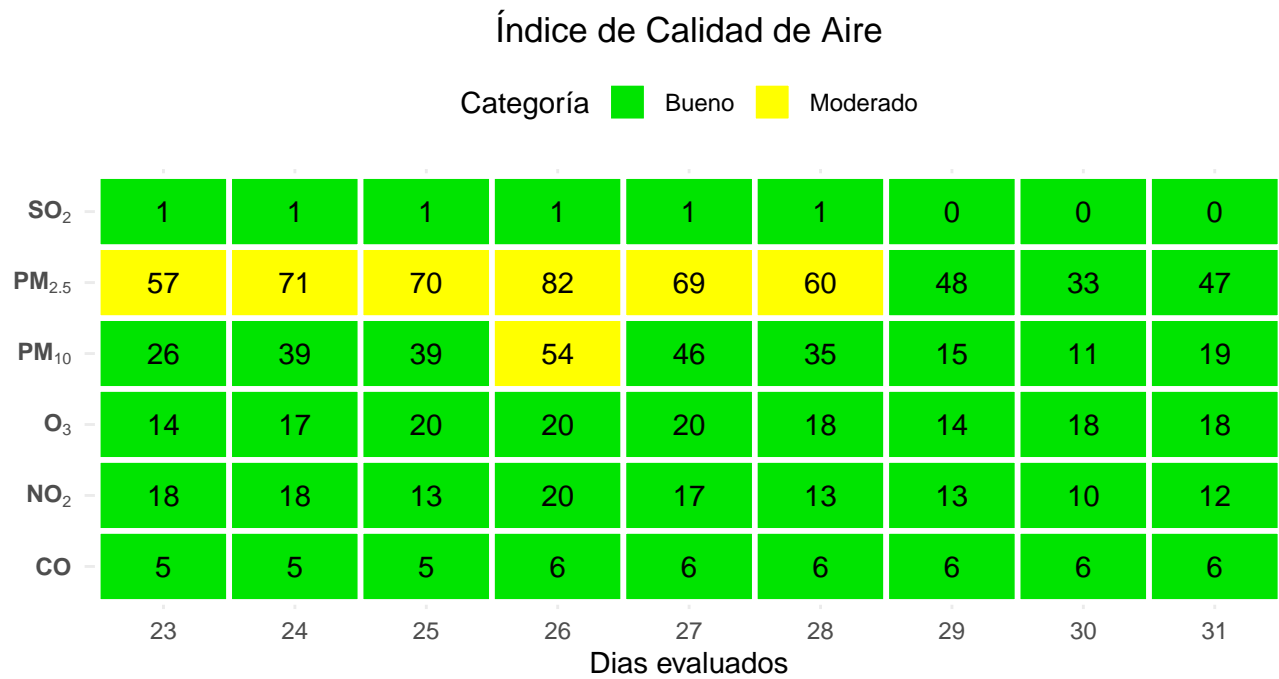
Figura 6: Gráficos polares de los principales parámetros evaluados



2.2 Índice de Calidad de Aire

El índice de Calidad de Aire (AQI por sus siglas en inglés) muestra que, en general la zona monitoreada durante el 23 de agosto del 2024 al 31 de agosto del 2024 presenta valores categorizados como “buenos” en los parámetros  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ , y  $CO$  durante todos los días de medición. En el caso del  $PM_{2.5}$  se observa que la mayoría de sus valores que presenta se encuentran en la categoría “Moderado” que puede no ser favorable para personas sensibles a una exposición prolongada de este parámetro en la zona de evaluación. Finalmente los valores de  $PM_{10}$  se encuentran dentro de la categoría “bueno” en casi todos los días de medición debido que el día 26 se encontraba en un nivel “moderado”.

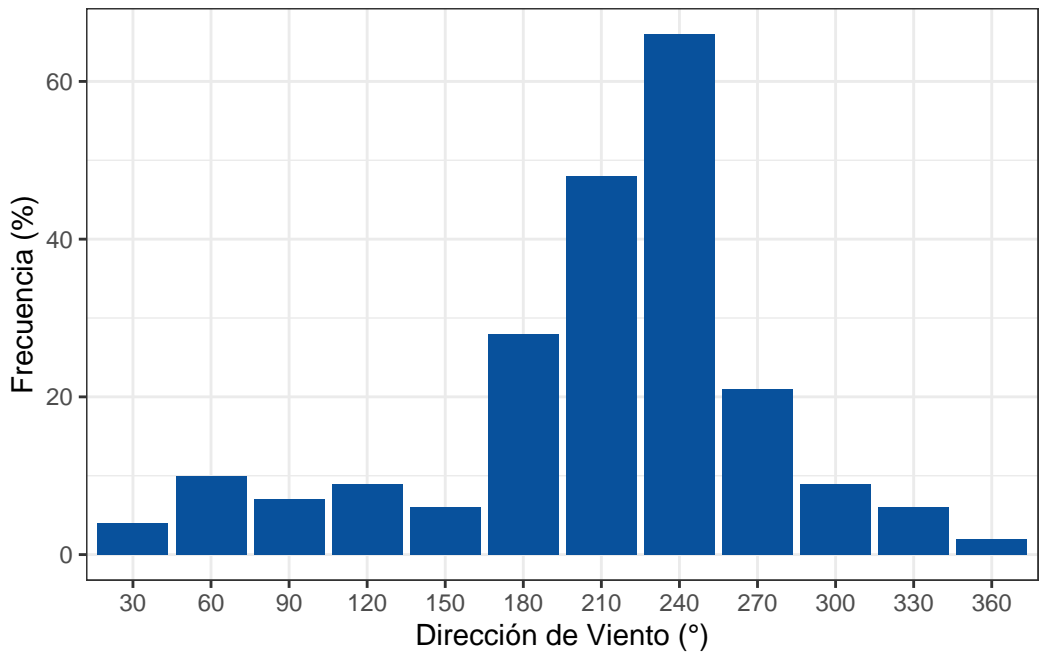
Figura 7: Índice de Calidad de Aire - 23 de agosto al 31 de agosto



3 Parámetros meteorológicos

El siguiente gráfico muestra la distribución de los vientos en intervalos de 30 grados sexagesimales, de manera que, la dirección predominante del viento se da a los 240 grados en sentido horario.

Figura 8: Distribución de la dirección de los vientos

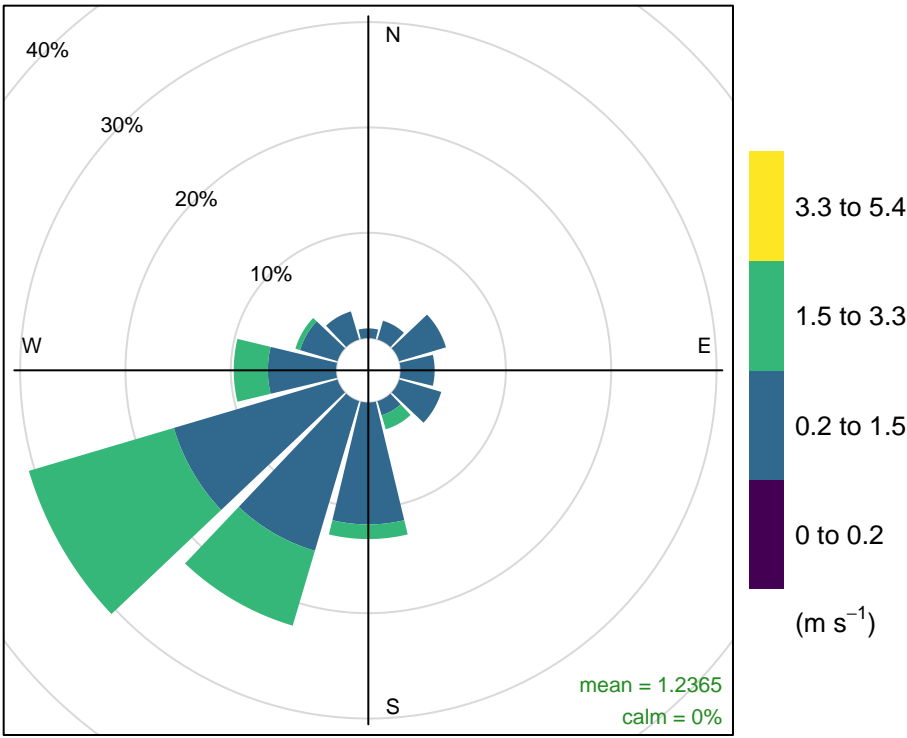


Así también se presenta el gráfico de rosa de viento donde se evidencia que el promedio de velocidades es de 1.24 m/s. De acuerdo a los rangos propuestos por la Organización Meteorológica Mundial (2023), los rangos de velocidades encontrados



en este periodo de monitoreo se encuentran en las categorías de “brisa muy débil” y “brisa débil”.

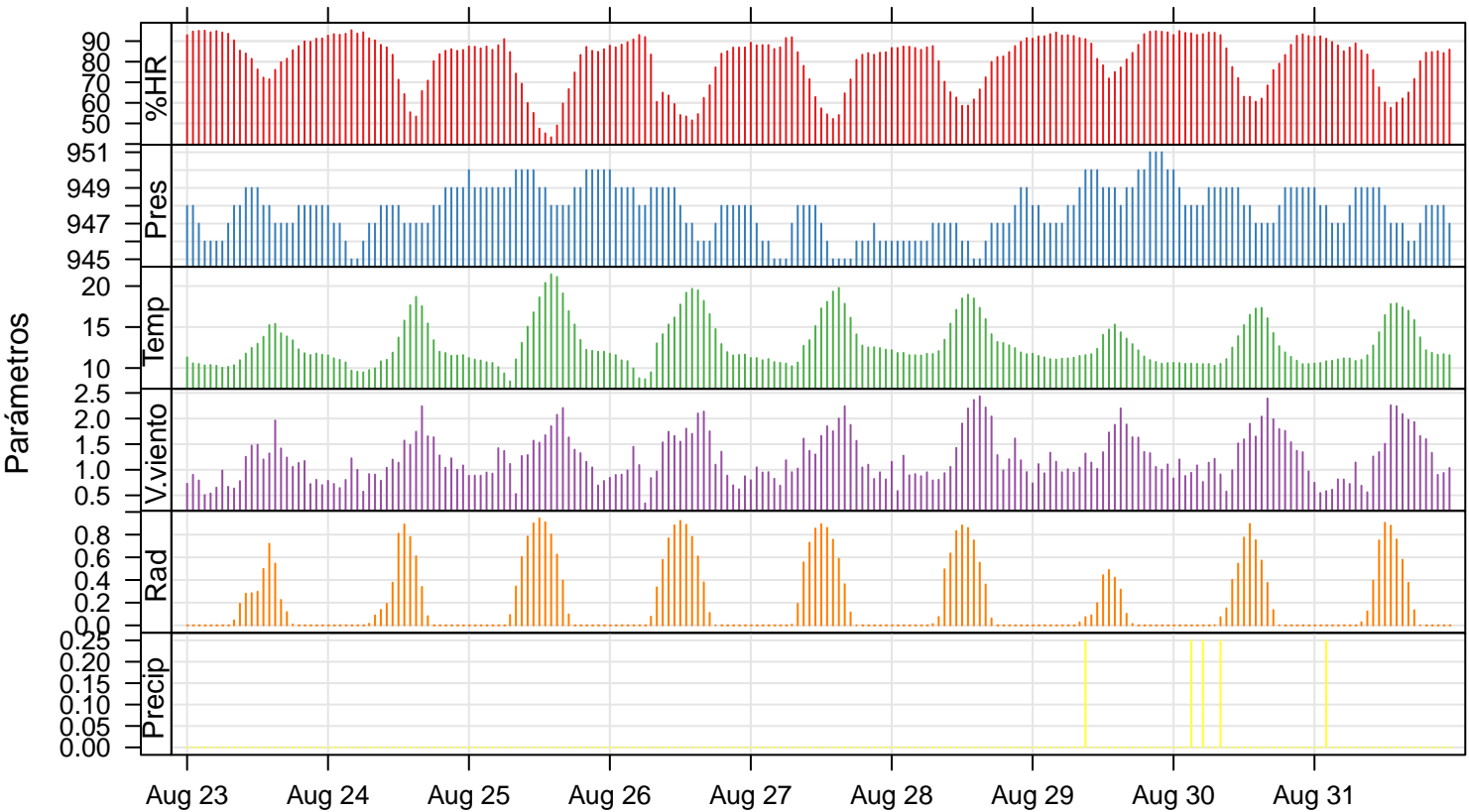
Figura 9: Rosa de vientos



Frequency of counts by wind direction (%)

A continuación se presenta la información obtenida durante el periodo de medición respecto a los parámetros temperatura, precipitación, humedad relativa, presión, velocidad del viento y radiación solar.

Figura 10: Datos horarios de los parámetros meteorológicos de la estación evaluada



## 4 Conclusiones

- Los datos diarios de los parámetros de calidad de aire muestran que la zona evaluada cumple con los Estándares de Calidad Ambiental de la normativa peruana, sin embargo al ser contrastados por lo sugerido en los valores umbrales de la Organización Mundial de la Salud los parámetros  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  y  $NO_2$  no cumplen con sus valores de referencia respectivos.
- El Índice de Calidad de Aire utilizado para determinar la calidad de aire en la zona de estudio muestra que durante los días evaluados presentan las categorías de buenos en la mayoría de casos (a excepción del parámetro  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ ), la categoría de moderado se observó en la mayoría de los días evaluados bajo el parámetro de  $PM_{2.5}$  y en el caso del parámetro  $PM_{10}$  este presenta la mayoría de sus casos la categoría de bueno a excepción del día 26 de agosto.
- En cuanto a los parámetros meteorológicos se destaca la predominancia del viento suroeste ( $240^\circ$ ) y el valor medio de la velocidad del viento en 1.24 m/s.

## 5 Referencias

- Carslaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). openair — An R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, 27–28(0), 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire. *El peruano*, 34(4), 6-9. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-ea-aire-establecen-disposiciones>
- Organización Meteorológica Mundial. (2023). *Guía de instrumentos y métodos de observación* (8; Vol. 1, p. 226). [https://library.wmo.int/viewer/68714/download?file=8\\_I\\_es\\_2023.pdf&type=pdf&navigator=1](https://library.wmo.int/viewer/68714/download?file=8_I_es_2023.pdf&type=pdf&navigator=1)
- United States Environmental Protection Agency. (2024). *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*. United States Environmental Protection Agency. <https://document.airnow.gov/technical-assistance-document-for-the-reporting-of-daily-air-quality.pdf>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. *Geneva: World Health Organization*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>
- Zeileis, A., & Grothendieck, G. (2005). zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*, 14(6), 1-27. <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>