

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE PM_{2.5} EN ROSARIO Y ROLDÁN DURANTE LA PRIMAVERA METEOROLÓGICA DEL AÑO 2024 A PARTIR DEL MONITOREO CON SENSORES DE BAJO COSTO.

Piñol, Greta Ailín^{1,2}, Micheletti María Isabel^{1,3}.

greta.ailin@gmail.com

¹Instituto de Física de Rosario (IFIR, CONICET-UNR)

²Facultad de Química e Ingeniería del Rosario (UCA)

³Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas (FBIOyF, UNR)

Palabras clave: PM_{2.5}, sensores, monitoreo ambiental.

1) INTRODUCCIÓN

El material particulado de 2,5 micras (PM_{2.5}) es un contaminante que ha sido objeto de estudio en muchas investigaciones en las últimas décadas debido a las implicancias negativas que tiene tanto en la salud de los humanos como en el ambiente. Su inhalación puede provocar desde afecciones respiratorias leves, problemas cardiovasculares, hasta cáncer de pulmón (Brugge et al, 2007). Rosario, pese a ser una de las ciudades más pobladas de Argentina, no cuenta con un monitoreo continuo de su calidad de aire y sólo se han realizado estudios durante eventos contaminantes puntuales (Binet et al, 2024).

Si bien los sensores de bajo costo aún no están en condiciones de sustituir a los equipos de referencia utilizados en estudios rigurosos de calidad del aire (Castell et al, 2017), en la actualidad representan una herramienta valiosa para obtener una primera aproximación a la distribución espacial y temporal del PM_{2.5} en aquellos sitios que carecen de registros continuos.

En este trabajo se analizaron datos de PM_{2.5} de los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2024 medidos con equipos “weSense AIR 360” (ZH06) en dos lugares de Rosario y en la zona residencial de Roldán (~25 km a Rosario). El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento de este contaminante en los tres sitios elegidos durante la primavera a partir de su distribución temporal, su relación con variables meteorológicas y la comparación de los valores con normativas internacionales de calidad de aire.

2) METODOLOGÍA

El equipo weSense AIR 360 (figura 1, izq) está compuesto por sensores que suministran información sobre las siguientes variables atmosféricas: CO₂, material particulado (PM) en las fracciones PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀, temperatura y humedad. El sensor de PM mide la concentración de partículas en el aire a través del principio de dispersión de la luz (weSense, 2022). Está configurado para obtener datos cada 5 minutos, pero una vez recolectados, fueron ajustados a promedios horarios para realizar comparaciones con variables meteorológicas.

Los equipos fueron instalados en tres sitios del Gran Rosario: 1) macrocentro de Rosario (MAR), sitio de mediana circulación vehicular y actividad comercial; 2) microcentro de Rosario (MIR), lugar de tráfico medio-alto y con media-alta densidad de población y comercios; 3) Roldan (ROL), área residencial de baja densidad poblacional (donde muchas casas sólo se usan durante los fines de semana) (figura 1, der). Los equipos están instalados a alturas entre 2 y 5 metros desde el nivel del suelo aproximadamente

Para complementar los análisis, se utilizaron datos de presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y precipitaciones acumuladas provistas por la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ubicada en el aeropuerto de Rosario (32.92 S, 60.78 O).

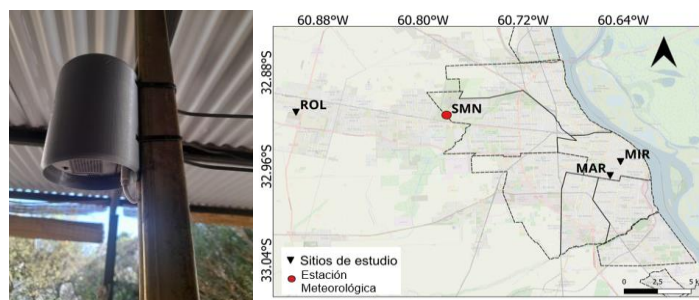


Figura 1: Izq: Equipo Wesense instalado en sitio Roldan. Der: Sitios de estudio (MIR, MAR y ROL) y de la estación meteorológica (SMN).

3) RESULTADOS

En primera instancia se evaluó el comportamiento del PM_{2.5} en los tres sitios durante los tres meses de la primavera del 2024 (figura 2). Se pueden observar picos de PM_{2.5} de elevada

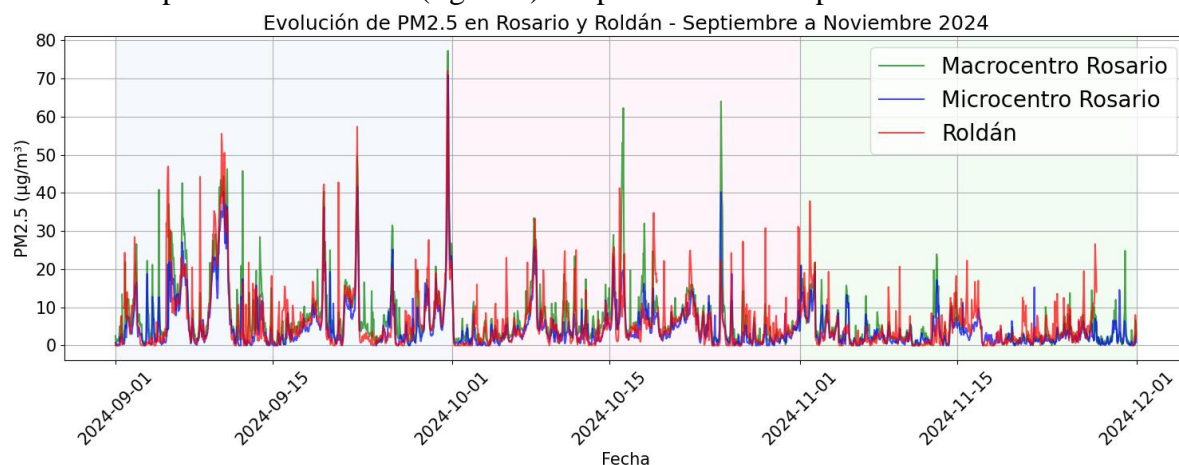


Figura 2: Evolución temporal de los valores medios horarios del PM_{2.5} durante los meses de estudio.

concentración en septiembre (10/09; 22/09; 30/09) atribuibles a las masas de aire provenientes de los incendios en la Amazonía boliviana transportadas por la corriente a chorro Chaco Jet (para corroborar esta suposición se graficaron rosas de los vientos y se calcularon trayectorias de masas de aire con HYSPLIT). En octubre se visualizan dos picos el 15-16/10 y 24/10, los cuales no pudieron relacionarse con ningún evento de quemadas, dichos aumentos se mantienen en investigación en búsqueda de encontrar alguna fuente local que haya disparado los valores. En ningún sitio la media de 24 h calculada excedió los 35 µg/m³ sugerida por las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiental (NAAQS) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

Al analizar el comportamiento horario de los tres sitios (figura 3 izq) se observa un patrón similar entre éstos, con aumentos en las primeras horas de la mañana (7-8 hs) coincidiendo con los ingresos a las escuelas y los inicios de las jornadas laborales, luego alrededor del mediodía (12-13 hs) y un aumento significativo con la llegada de la noche (19-21 hs), posiblemente atribuible al descenso de la capa límite planetaria.

Los días hábiles concentran la mayor cantidad de PM_{2.5} en los diferentes sitios frente a los fines de semana durante septiembre y octubre, en ROL esta diferencia es menos perceptible. En noviembre, mientras que en MAR y MIR los valores son similares (probablemente debido a una disminución de traslados de las personas durante los días hábiles debido a la finalización de determinadas actividades que concluyen hacia fin de año, sumado en contrapartida a un aumento de salidas y eventos al exterior durante los fines de semana), en ROL se registra una

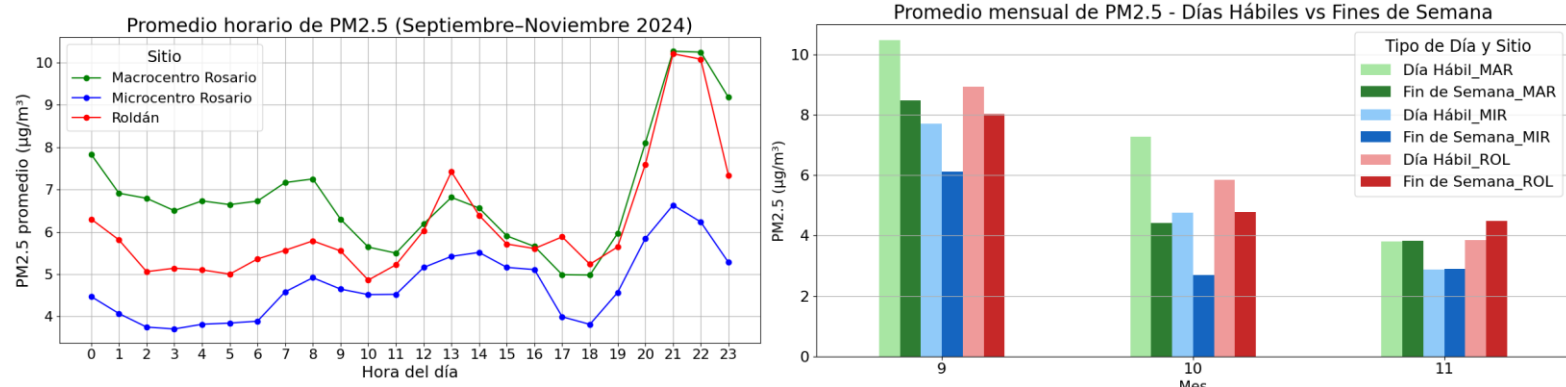


Figura 3. Izq: Media del comportamiento horario del PM2.5 durante la primavera 2024 en los diferentes sitios. Der: Concentración media de PM2.5 durante días hábiles y fines de semana en cada sitio durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.

mayor concentración de PM2.5 los fines de semana, esto coincide con la llegada de los días más cálidos y con ello el movimiento de los ciudadanos de zonas aledañas hacia sus casas de fines de semana que se ubican en dicha localidad (figura 3, der). La tendencia en la disminución del promedio mensual de PM2.5, puede atribuirse en gran parte a que en los meses cálidos la capa límite se encuentra más elevada y por tanto el PM se encuentra distribuido hasta alturas mayores, disminuyendo su concentración a las alturas donde están ubicados los equipos.

Al comparar los valores de PM2.5 con temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, utilizando la medida no paramétrica de Spearman, no se encontraron indicios que demuestren una correlación entre las variables. Por otra parte, se encontró que casi el 50% de los valores más altos de concentración de PM2.5 ($P > 75$) se relacionaron con direcciones del viento provenientes del cuadrante Oeste-Norte.

4) CONCLUSIONES

Se observaron comportamientos de PM2.5 similares entre los sitios tanto en la evolución mensual como horaria, como durante eventos de alta contaminación. Los valores mayores hallados en noviembre durante los fines de semana en ROL pueden ser un indicio de patrones de actividades de la población aledaña durante la época estival.

A pesar de las grandes distancias, se detectaron momentos de alta concentración de partículas atribuibles a incendios en el Amazonas boliviano, mostrando buena correlación entre aumentos en PM2.5 y dirección del viento proveniente de esa zona.

El presente estudio es un puntapié para conocer el comportamiento de los aerosoles en Rosario, pero se deben incluir más sensores que aporten más datos que ayuden a explicar picos contaminantes hallados, como así también aumentar la base de datos con el fin de encontrar relaciones con distintas variables meteorológicas.

REFERENCIAS

- Binet, M. V., Micheletti, M. I., & Piacentini, R. D. (2024). Propagation of NO₂ originated in intense fires in the Paraná River Delta analyzed from satellite observations. *Advances in Space Research*, 74(2), 682–694.
- Brugge, D., Durant, J.L. & Rioux, C. (2007) Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environ Health* 6, 23.
- Castell, N., Dauge, F. R., Schneider, P., Vogt, M., Lerner, U., Fishbain, B., Broday, D., & Bartonova, A. (2017). Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment International*, 99, 293–302.
- WeSense. (2022). Manual de usuario WeSense AIR (Versión 1.1). Boreal Net S.A. <https://wesense.tech/pdf/Manual de usuario wesense AIR 360.pdf>