

PROYECTO AIRES NUEVOS PARA LA PRIMERA INFANCIA

1er INFORME ABRIL-SETIEMBRE 2021

Laboratorio de Investigación en Contaminantes Atmosféricos
(LaICA)

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Universidad Nacional de Córdoba

Diciembre de 2021

ANTECEDENTES

Según el último informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), nueve de cada diez personas respiran aire con altos niveles de contaminantes, lo que significa que aproximadamente siete millones de personas mueren cada año en el mundo por problemas relacionados con la contaminación del aire (OMS, 2018). Estas cifras alarmantes ponen de manifiesto un importante riesgo para la salud debido a la calidad del aire en ciudades tanto de países desarrollados como de países en desarrollo. De hecho, se ha comprobado que los habitantes de grandes urbes presentan un aumento de enfermedades cardiovasculares y respiratorias respecto a aquellas personas que viven en zonas con mejor calidad de aire (Stölzel y col., 2007).

Uno de los principales problemas en zonas urbanizadas lo constituyen los aerosoles atmosféricos, constituidos por partículas menores a 100 μm de y que pueden permanecer en suspensión en la atmósfera por periodos de tiempo prolongados. La mayor parte de los aerosoles atmosféricos son partículas que se incorporan directamente a la atmósfera a través de emisiones naturales, mientras que una menor proporción son partículas emitidas por actividades humanas tales como tránsito vehicular o industrias. De todas las partículas que forman los aerosoles atmosféricos, las más relevantes son las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$), con diámetro aerodinámico menor a 2,5 μm y las partículas ultrafinas (UFP), con diámetro aerodinámico menor a 0,1 μm (Kulkarni y col., 2011). Estas partículas constituyen un riesgo para la salud porque penetran más profundamente en las vías respiratorias que las partículas más grandes. De hecho, cuanto menor es el tamaño de la partícula mayor es el efecto tóxico, dado que son capaces de llegar a los bronquiolos y alvéolos pulmonares, donde las más hidrosolubles se disuelven y las menos hidrosolubles se depositan (Broday y Georgopoulos, 2001). Incluso las más pequeñas pueden atravesar la barrera alvéolo-capilar, llegar a la circulación sanguínea y afectar otros órganos (Politis y col., 2008).

Estudios previos realizados en la ciudad de Córdoba y alrededores han señalado que la principal fuente de emisión de aerosoles tanto en zonas urbanas como periféricas es el tránsito vehicular con motores diésel (Amarillo y col., 2017). De hecho, en la zona urbana y en época invernal, los niveles de partículas finas suelen exceder los límites diarios establecidos por la legislación provincial ($35 \mu\text{g m}^{-3}$), cuando las condiciones climáticas favorecen fenómenos de inversión térmica (Busso y col., 2016, Mateos y col., 2019).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en el área central de la Provincia de Córdoba, con un radio aproximado de 50 km desde la ciudad capital. Dentro de ese radio se asienta casi el 50 % de la población urbana de la provincia Córdoba y es el sector más dinámico de intercambio de bienes y servicios (Fig 1). La población actual de la ciudad es de 1.454.536 habitantes, convirtiéndola en la segunda aglomeración urbana de Argentina, después del Gran Buenos Aires. Dentro del ejido urbano se localizaron 5 sensores Airvisual en lugares cercanos a dispensarios municipales. En su mayoría se ubican en casas de familia (sensores 1, 3 y 4), dado que fue necesario asegurar el acceso a una red de wifi más o menos constante y también evitar el vandalismo de los equipos. Otro sensor se ubica en un hospital de gestión municipal (sensor 2) y el último en un centro perteneciente a la Secretaria de la Niñez, Adolescencia y Familia. En cada una de esas zonas se identificó el uso de suelo principal, la presencia de zonas verdes y la densidad de vías de alto tránsito, en un radio de 1 km alrededor del punto de muestreo (Tabla 1 y Fig 1).

Tabla 1. Datos de ubicación y tiempo de exposición de los sensores Air visual en la ciudad de Córdoba.

Equipo	Ubicación (barrio)	Dirección postal	Inicio	Latitud	Longitud
1	Arguello	Federico Hopkins 6282	Marzo 2021	-31.3496	-64.2597
2	Va. Libertador	Defensa 1200	Marzo 2021	-31.4709	-64.2189
3	Pueyrredon	Angel Villoldo 1549	Marzo 2021	-31.3935	-64.1495
4	Ferreyra	Cipriano Perello 4401	Abril 2021	-31.4647	-64.1095
5	Matienzo	Agustin Roque Arias 3136	Mayo 2021	-31.4449	-64.2430





Mapa 1. Localización de los sensores en la ciudad de Córdoba (panel superior) y ubicación de los sensores en algunos sitios de muestreo (panel inferior).

RESULTADOS

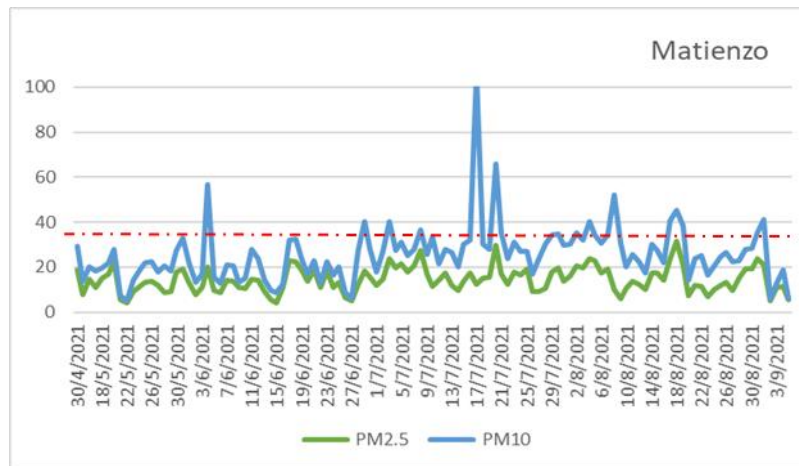
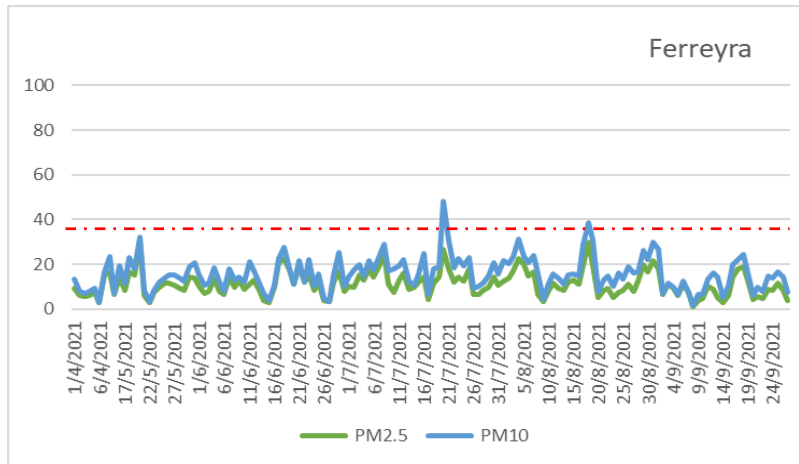
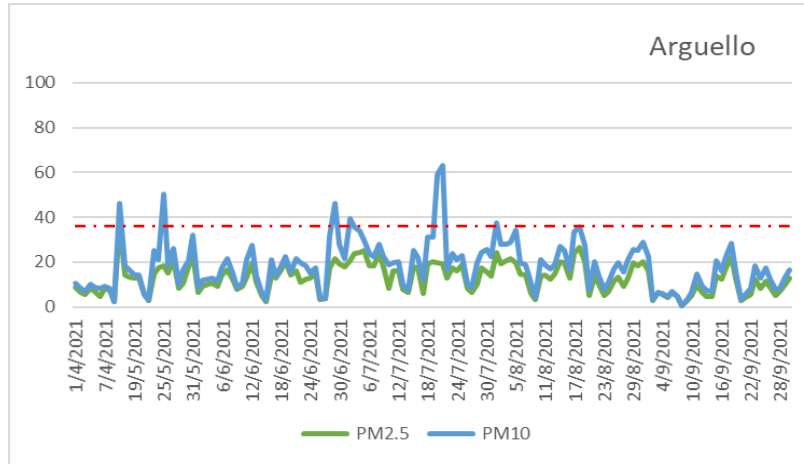
En ninguno de los sitios de muestreo, se superaron los niveles diarios de $PM_{2.5}$ sugeridos por la ley provincial (35 ug/m^3 , en 24 horas, Tabla 2). Sin embargo si consideramos los estándares sugeridos por la OMS para protección de la salud, tanto en la zona de Ferreyra como de Matienzo casi el 40% de los días tuvieron niveles de partículas finas que superaron el estándar sugerido de 15 ug/m^3 . En relación a partículas más grandes, en la zona de Ferreyra se observó el 22 % de los días con niveles superiores al estándar y en Pueyrredón el 15% de los días excedieron ese límite. Para ambas fracciones de partículas la mejor situación se observó en Villa Libertador.

	Estándar PM_{10}		Estándar $PM_{2.5}$	
	EPA 150 ug/m^3	OMS 45 ug/m^3	EPA 35 ug/m^3	OMS 15 ug/m^3
Arguello	0	2,2	0	30,4
Ferreyra	0	22,5	0	39,9
Matienzo	0	3,9	0	38,8
Pueyrredon	0	15,3	0	22,7
Va. Libertador	0	0,5	0	18,2

Tabla 2. Porcentaje de días en los que se superaron los estándares provinciales o los propuestos por la OMS durante el periodo abril-noviembre 2021 en cada uno de los sitios de muestreo

A pesar de no superar los estándares provinciales, se identificaron eventos en donde la concentración de $PM_{2.5}$ y PM_{10} aumentaba significativamente, tales como los días alrededor del 19-20 de julio.





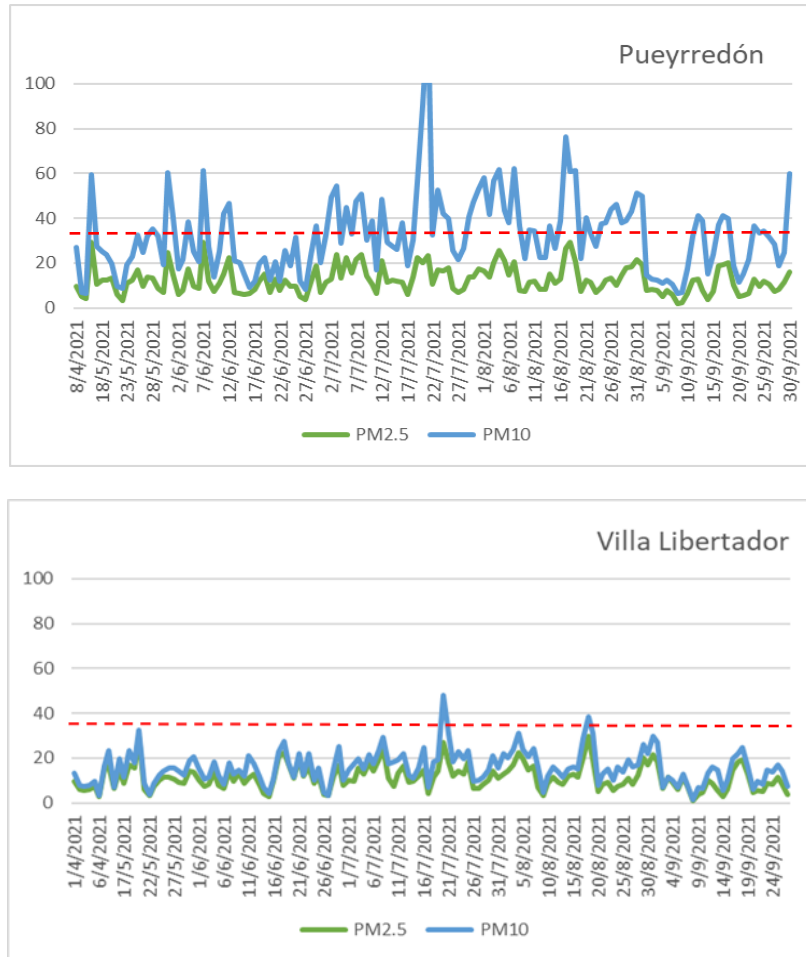


Figura 2. Variación diaria en los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en cada zona de muestro. La línea roja indica el estándar provincial para $PM_{2.5}$.

En promedio, la zona de Ferreyra fue la que mostró mayor concentración de $PM_{2.5}$, probablemente debido a que se trata de una zona con alta densidad de industrias. De hecho, el 80% del área que rodea a este punto de muestreo se encuentra ocupada por industriales metalmeccánicas y metalúrgicas. La segunda zona con una concentración de partículas relativamente elevada fue la de barrio Pueyrredón, un área que se encuentra muy próxima a una zona clasificada como de suelo mixto, y por lo tanto permite la instalación de talleres e industrias de pequeño tamaño. La menor concentración de partículas se observó en Villa Libertador, probablemente por tratarse de un área más abierta y con mejor circulación de aire.

Respecto a los valores de PM_{10} se observó el mismo patrón de variación y concentraciones similares que los observados para $PM_{2.5}$, en las zonas de Arguello, Ferreyra y Villa Libertador. En Matienzo y Pueyrredon las concentraciones de PM_{10} fueron



mas elevadas que las de $PM_{2.5}$, incluso con eventos que superaron los limites establecidos por la legislación provincial ($150 \mu g/m^3$).

Respecto al periodo de muestreo, los meses con mayores niveles de partículas fueron julio ($PM_{2.5}$: $15,36 \mu g/m^3$; PM_{10} : $36,62 \mu g/m^3$) y agosto ($PM_{2.5}$: $15,32 \mu g/m^3$; PM_{10} : $30,98 \mu g/m^3$) en todos los sitios (Fig. 3). Esto puede estar relacionado con la ocurrencia de frecuentes inversiones térmicas en estos meses, las cuales impiden la renovación vertical del aire. A consecuencia de este fenómeno los contaminantes se concentran en las capas bajas de la atmósfera.

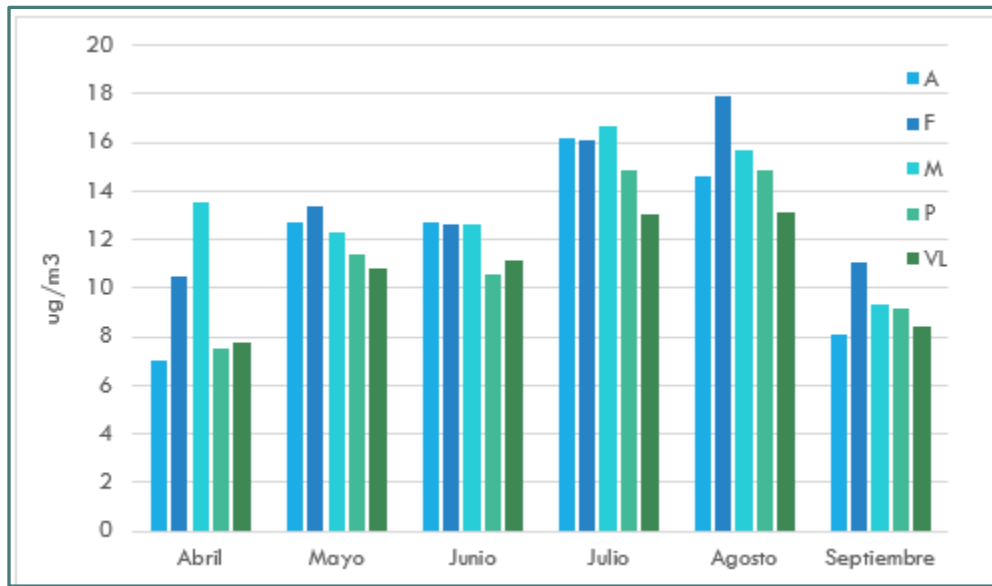


Figura 3. Variación mensual en los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en cada zona de muestreo.

Respecto a la variación diaria en los niveles de partículas, se observó también un patrón de variación similar en todos los sitios de muestreo. Hay una concentración más o menos constante de partículas desde la madrugada hasta las 8-9 de la mañana en donde se produce un ligero incremento, probablemente asociado con el aumento de flujo vehicular en las horas de ingreso a las escuelas y actividades laborales. A partir de ese momento los niveles de partículas disminuyen hasta un mínimo alrededor de las 16-17 hs. Posteriormente se evidencia otro incremento después de las 19 hs, asociado no con el aporte de fuentes de emisión sino con cambios en la altura de la capa de mezcla, que al descender junto con la disminución de temperatura, provoca un aumento en la concentración de partículas en los niveles bajos de la atmósfera. El pico de concentración entonces se produce durante la noche. Estos cambios son más marcados en la época invernal, donde la concentración puede aumentar hasta el doble en horas nocturnas (Fig. 4).

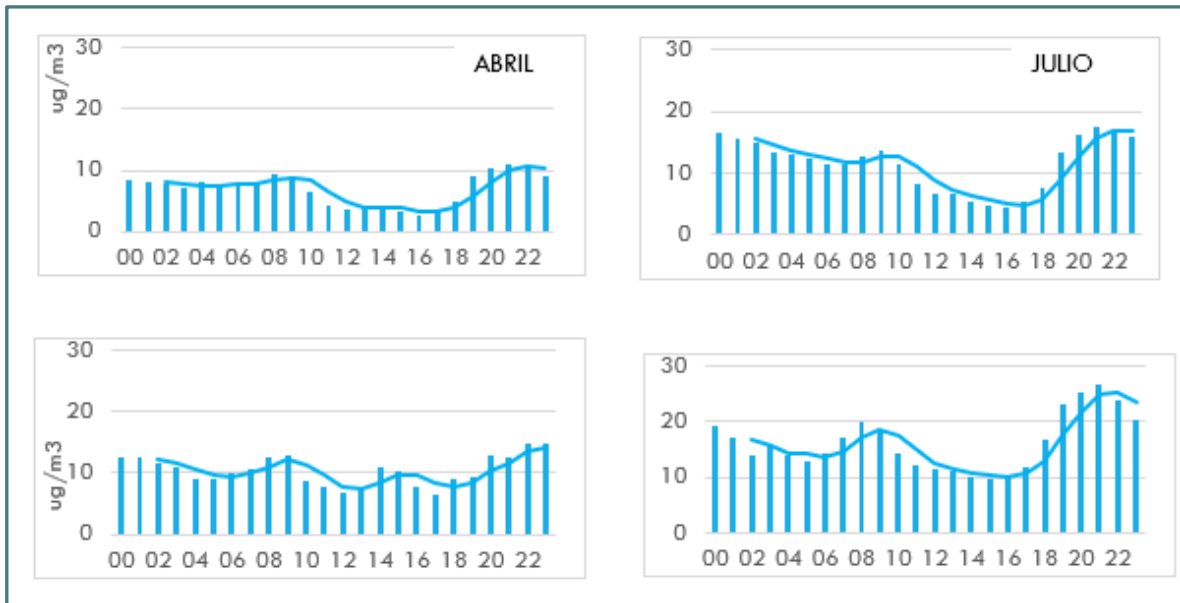


Figura 3. Variación horaria en un mes cálido (abril) y un mes frío (julio) en la concentración de $PM_{2.5}$ en la zona de Arguello (paneles superiores) y en Ferreyra (paneles inferiores).

VALIDACION DE DATOS OBTENIDOS CON EL SENSOR AIRVISUAL

Con el fin de comparar los datos registrados con el Airvisual y un instrumento de medición homologado, ubicamos este sensor durante 7 días al lado de la estación de monitoreo que posee la Municipalidad de Córdoba en el centro de la ciudad. En dicha estación, se determinan los niveles de PM_{10} , monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y ozono; empleando equipos de referencia aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Se encontró una asociación significativa entre los datos aportados por el Airvisual y el sensor de partículas de la estación de monitoreo ($R^2= 0.95$). Asimismo, cuando se ajusta un análisis de regresión lineal considerando humedad, temperatura y datos de CO_2 , se obtuvo un coeficiente de determinación múltiple igual a 0.93, lo que indica que casi la totalidad de la variable de respuesta (PM_{10} de la estación de monitoreo) pudo ser explicada por las variables incluidas en el modelo ($PM_{2.5}$ + temperatura, humedad y CO_2 ; Fig. 5 y 6).



```

Call:
lm(formula = P10pepMM ~ P25anaMM + TemperatureMM + HumidityMM +
    CO2MM, data = uni[-cook, ])

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3568 -0.4088 -0.1315  0.3780  1.8351

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.690167   3.254054   2.363 0.019074 *
P25anaMM     0.922666   0.036192  25.494 < 2e-16 ***
TemperatureMM 0.310641   0.036769   8.449 6.03e-15 ***
HumidityMM    0.119814   0.017234   6.952 4.98e-11 ***
CO2MM        -0.021837   0.006482  -3.369 0.000906 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6252 on 200 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9303, Adjusted R-squared:  0.9289
F-statistic: 667.6 on 4 and 200 DF,  p-value: < 2.2e-16
    
```

Figura 5. Resultados del análisis de regresión múltiple para estimar los niveles de PM10 cuantificados en la estación de monitoreo, usando como predictores los datos aportados por el sensor Airvisual.

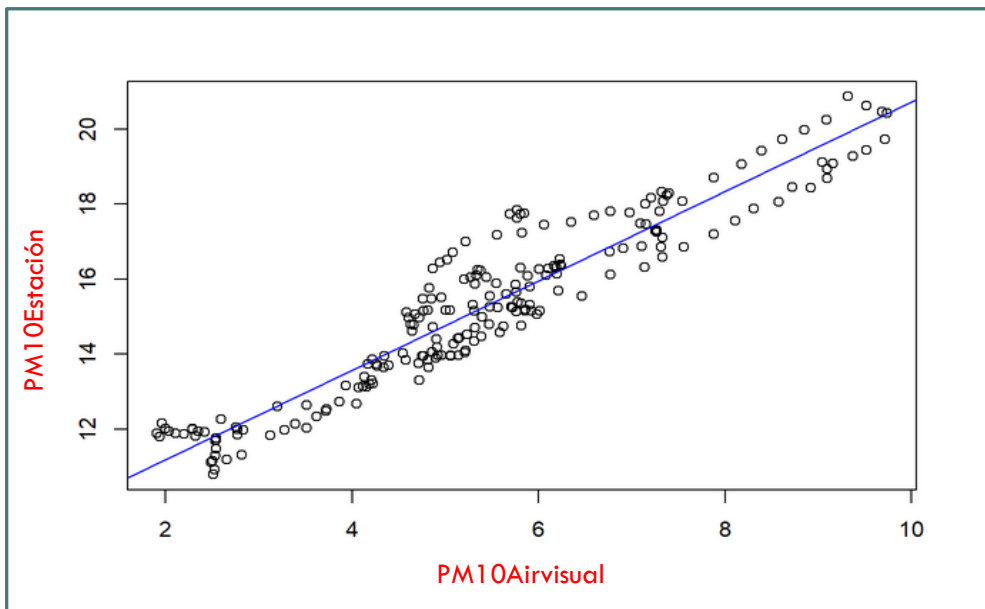


Figura 6. Asociación entre valores de PM10 determinados en la estación de monitoreo (PM10Estación) y aquellos medidos por el Airvisual (PM10Airvisual).



CONCLUSIONES

Considerando los estándares provinciales que regulan los niveles de partículas en el ejido urbano, puede considerarse que la calidad del aire en la ciudad es relativamente buena. Sin embargo, se destaca la ocurrencia de numerosos eventos en la época invernal, en donde los niveles de partículas duplican o triplican los estándares provinciales. Estos episodios constituyen un riesgo para la población vulnerable, tales como los niños y ancianos.

Si consideramos los nuevos estándares para partículas finas sugeridas por la OMS recientemente, la ciudad necesitaría aplicar medidas de mitigación para este tipo de partículas, a fin de proteger la salud de la población, principalmente en el barrio de Ferreyra.

BIBLIOGRAFÍA

- Amarillo, A. C., Mateos, A. C., & Carreras, H. 2017. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 72,380-390.
- Brodsky, D. M., & Georgopoulos, P. G. (2001). Growth and deposition of hygroscopic particulate matter in the human lungs. *Aerosol Science & Technology*, 34(1), 144-159.
- Busso, I. T., Silva, G. B., & Carreras, H. A. (2016). Organic compounds present in airborne particles stimulate superoxide production and DNA fragmentation: role of NOX and xanthine oxidase in animal tissues. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16653-16660.
- Kulkarni, P., Baron, P. A., & Willeke, K. (Eds.) 2011. *Aerosol measurement: principles, techniques, and applications*. John Wiley & Sons.
- Mateos, A. C., Amarillo, A. C., Busso, I. T., & Carreras, H. A. (2019). Influence of meteorological variables and forest fires events on air quality in an urban area (Córdoba, Argentina). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 77, 171-179.
- OMS. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. Comunicado de prensa. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Politis, M., Pilinis, C., & Lekkas, T. D. 2008. Ultrafine particles (UFP) and health effects. *Dangerous. Like no other PM*, 439-52.
- Stölzel, M., Breitner, S., Cyrys, J., Pitz, M., Wölke, G., Kreyling, W., ... & Peters, A. (2007). Daily mortality and particulate matter in different size classes in Erfurt, Germany. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 17(5), 458-467

