

Evaluación y comparación de la calidad del aire en la ciudad de Rafaela en base a actualizaciones de la norma US-EPA 2024

Evaluation and comparison of air quality in the city of Rafaela based on updates from the US-EPA 2024 standard

Presentación: 21/08/2024

Mariana Carrel

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
mcarrel99@gmail.com

Martina Costanzo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
martincostanzo77@gmail.com

Nain Schmidt

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
01nainschmidt@gmail.com

Ariana Castro

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
arianacastro1510@gmail.com

Juan Nittmann

Grupo de Investigación en Aplicaciones de Métodos Numéricos en Ciencia e Ingeniería (GIAMNCI)
Instituto de Estudios Medioambientales y Tecnológicos para el Desarrollo Sostenible (IEMTEDS)
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
juannittmann@hotmail.com

Resumen

El aire es una mezcla de diferentes gases que rodea la Tierra en una capa de varios kilómetros de altura. La contaminación del mismo se debe al incremento de gases tóxicos y material particulado (PM), el cual es una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, que en altas concentraciones provoca afectaciones a la salud humana. El objetivo de este trabajo es la evaluación de la calidad del aire urbano en la ciudad de Rafaela utilizando instrumentos digitales de medición continua (AirVisual Pro) colocados en dos puntos estratégicos del área de estudio. Los resultados del PM_{2.5} obtenidos aplicando el índice US-AQI, en base a las actualizaciones de las normas US-EPA del presente año, muestran que la calidad del aire en la ciudad sigue perteneciendo a la categoría de buena a moderada con picos estacionales de concentración de material particulado durante los meses de invierno coincidiendo con el aumento del uso de leña para calefacción y circulación vehicular.

Palabras clave: Calidad del aire, material particulado, Rafaela, evaluación.

Abstract

Air is a mixture of different gases that surrounds the Earth in a layer several kilometers high. Its pollution is due to the increase of toxic gases and particulate matter (PM), which is a complex mixture of solid and liquid particles suspended in the air, which in high concentrations causes effects on human health. The objective of this work is the evaluation of urban air quality in the city of Rafaela using digital continuous measurement instruments (AirVisual Pro) placed at two strategic points in the study area. The PM_{2.5} results obtained by applying the US-AQI index, based on updates to this year's US-EPA standards, show that air quality in the city continues to belong to the good to moderate category with seasonal peaks in concentration of particulate matter during the winter months coinciding with the increase in the use of firewood for heating and vehicular circulation.

Keywords: Air quality, particulate matter, Rafaela, evaluation.

Introducción

El aire es una mezcla de diferentes gases conformando una capa de varios kilómetros de altura que rodea al planeta denominada atmósfera (Ahrens y Henson, 2018). El aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano. Sin embargo, su contaminación representa un importante riesgo ambiental para la salud, en especial para los sistemas respiratorios y cardiovasculares de la población en general (OMS, 2021). Aunque, la susceptibilidad a la contaminación puede variar de acuerdo a la edad y/o salud de cada individuo, los niños, niñas y las personas mayores son los grupos etarios más vulnerables (Clark et al., 2020).

De acuerdo al Daly y Cognuck González (2021) la contaminación del aire es la presencia en él de agentes físicos, químicos o biológicos en concentraciones que alteran las características naturales de la atmósfera. En consecuencia, y según una evaluación de la OMS (2018), son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año por los efectos de la contaminación del aire en espacios urbanos abiertos y cerrados.

La principal fuente de emisión de PM son las emisiones provocadas por la quema de combustibles fósiles para el transporte, los procesos industriales o la producción de energía, las actividades agrícolas y ganaderas, la quema de bosques y residuos sólidos y la energía doméstica (Shiva Nagendra et al., 2021). Las partículas de interés de la presente evaluación son PM_{2.5}, las cuales tienen 2.5 micras de diámetro, se consideran las más dañinas de todas ya que por su tamaño pueden ingresar en el torrente sanguíneo humano y son capaces incluso de llegar al cerebro (Suarez et al., 2014).

La concentración del material particulado es probable que varíe de manera sustancial entre las ciudades en todo el mundo, en función de la geografía, la meteorología y las fuentes específicas de material particulado de cada lugar (Daly y Cognuck González; Shiva Nagendra et al., 2021).

Metodología

El área de estudio donde se lleva a cabo el trabajo se encuentra ubicada en la ciudad de Rafaela, departamento Castellanos, en el centro oeste de la provincia de Santa Fe (Figura 1). La localidad está representada demográficamente por una población de 110.000 habitantes (ICEDEL, 2010) y posee una superficie de 36.48 km², mientras que todo el distrito (urbano y rural) abarca aproximadamente 158 km².

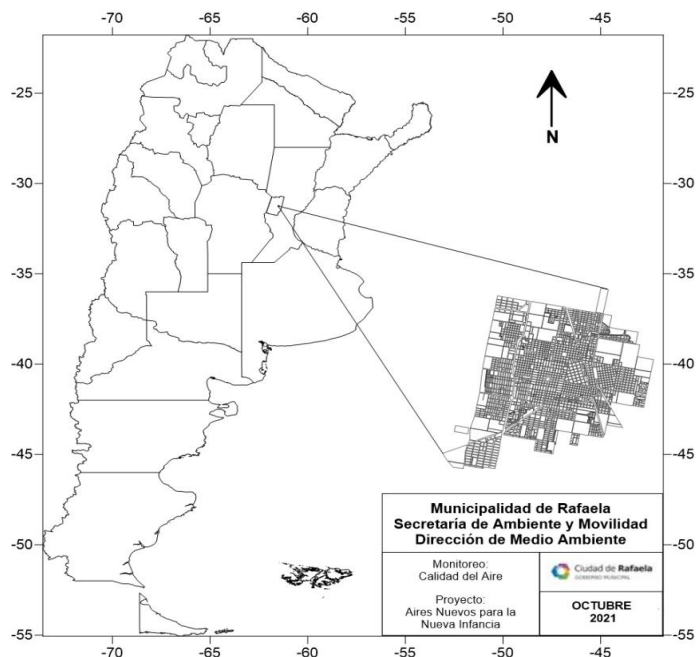


Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio (ciudad de Rafaela).

La metodología utilizada para medir la calidad del aire urbano contempla la utilización de instrumentos digitales de medición continua de material particulado AirVisual Pro (IQAIR-AirVisual, 2019; Zamora et al., 2020) (Figura 2) los cuales están dotados con tecnología láser, control de flujo de aire y autocalibración paramétrica, almacenamiento de datos y conexión de red tipo inalámbrica (WIFI). Cabe destacar, que el uso de equipos low-cost, tiene sus ventajas, pero también limitaciones, una de ellas es la calibración in situ, la variabilidad por efectos locales de temperatura, presión y viento entre otros. En este trabajo se adoptan como criterio los niveles límites de exposición de material particulado propuestos por la OMS (2021) y la actualización de la norma US-EPA (2024) para poder estandarizar y orientar la construcción de políticas públicas para combatir la contaminación del aire en la ciudad de Rafaela. En este marco, los niveles definidos para exposición promedio anual a $PM_{2.5}$ son $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la OMS (2021) y $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto a US-EPA (2024).



Figura 2: Medidor de calidad de aire AirVisual Pro (IQAIR).

El medidor AirVisual Pro permite medir la calidad de aire urbano en ambientes internos o externos mediante el conteo láser del material particulado ($PM_{2.5}$, PM_{10}) proveniente del flujo de aire que ingresa al mismo de manera controlada y el que luego es expresado en unidades de concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Además, cuenta con componentes de auto calibración que consideran los factores como la temperatura, la humedad y el dióxido de carbono que actúan como variables soporte para el cálculo del Índice de Calidad de Aire, aunque en el presente trabajo no se evalúan dichos parámetros.

En el área de estudio se colocaron estratégicamente 2 (dos) medidores que abarcan un radio de acción de 5 km (Figura 3), la ubicación de un medidor es en una institución educativa de primera infancia y otra en una institución local, siendo el primero el Jardín de infantes Boschetto (centro de la ciudad) y el otro en la sede de la Guardia Urbana de Rafaela (GUR) (fuera del casco céntrico), en el mes de abril del año 2021. Los sensores registran una medición cada 15 minutos, aproximadamente, de las variables mencionadas anteriormente y son descargados vía web para luego ser procesadas estadísticamente de acuerdo con la concentración media mensual (en un futuro, está previsto analizar la calidad de aire a lo largo del día) a lo largo de los años de estudio.

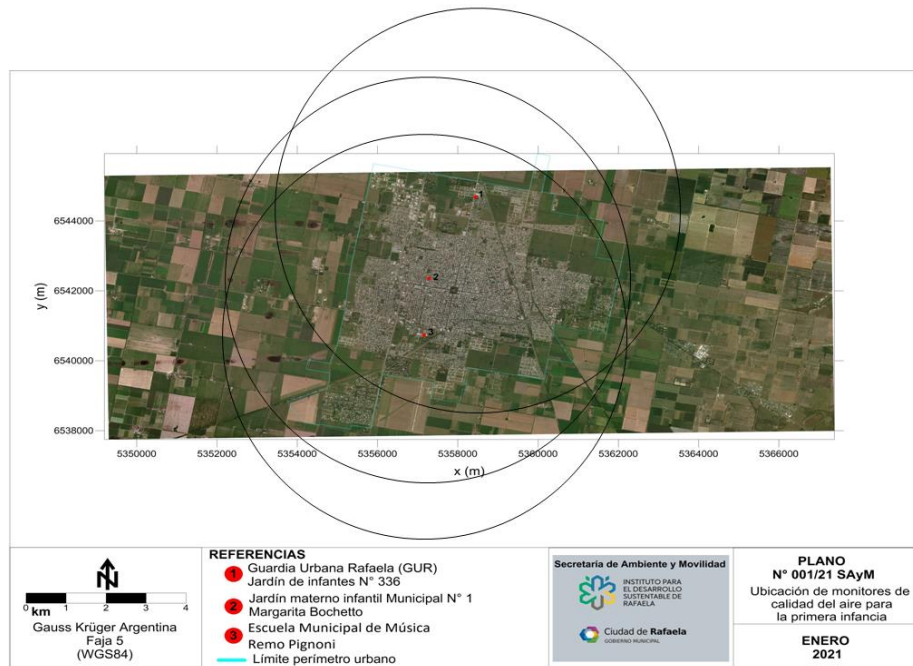


Figura 3: Mapa de ubicación de medidores en el área de estudio.

Por último, se estima el Índice de Calidad de Aire (AQI) referido a la variable material particulado de acuerdo con la Ecuación 1 desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA, 2018).

$$AQI = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} (C_i - BP_{LO}) + I_{LO} \quad (1)$$

Donde:

AQI = Índice de calidad del aire

ILO = Valor del índice en el límite inferior de la categoría AQI

IHI = Valor del índice en el límite superior de la categoría AQI

BPLO = Punto de quiebre de la concentración en el límite inferior de la categoría AQI

BPHI = Punto de quiebre de la concentración en el límite superior de la categoría AQI

Ci = Concentración del contaminante

El índice AQI es un número adimensional que, actualmente, puede tomar valores en un rango de 0 a 300 unidades y que por convención se ha dividido en seis categorías, cada una con un grado de diferente afectación a corto plazo a la salud pública. A su vez, en la Tabla 1, se comparan los valores establecidos por las antiguas normas US-EPA 2018 y, las actuales, normas US-EPA 2024.

Tabla 1. Categorías correspondientes al Índice de Calidad del Aire AQI-2018 y AQI-2024.

Categoría AQI	Rango AQI 2018	Rango AQI 2024	Significado
Buena	0 – 50	0 – 50	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación atmosférica presenta un riesgo escaso o nulo.
Moderada	51 – 100	51 – 100	La calidad del aire es aceptable, pero para algunos contaminantes podría existir una preocupación moderada para la salud de un grupo muy pequeño de personas excepcionalmente sensibles a la contaminación ambiental.
Insalubre para grupos sensibles	101 – 200	101 – 150	Los miembros de grupos sensibles pueden padecer efectos en la salud. Probablemente no afectará a las personas en general.
Insalubre	201 – 300	151 – 200	Todos pueden comenzar a padecer efectos en la salud y los miembros de grupos sensibles pueden padecer efectos más graves.
Muy Insalubre	301 – 400	201 – 300	Advertencias sanitarias de condiciones de emergencia. Son mayores las probabilidades de que toda la población esté afectada.
Peligroso	401 – 500	> 301	Alerta sanitaria: todos pueden padecer efectos sanitarios más graves.

Resultados y Discusión

De acuerdo con el registro continuo de la concentración de material particulado ($PM_{2.5}$) durante el período de 3 años (2021-2023), se puede observar que la media anual del Índice de Calidad del Aire (Figura 4) presenta una variación de buena a moderada en los puntos de monitoreo Boschetto y GUR. Además, se pueden observar un pico estacional para cada año, en ambos lugares de muestreo, en los meses de junio, julio y agosto, que se encuentran por encima de los límites admisibles (AQI 50), pero aun, sigue teniendo una categoría aceptable.

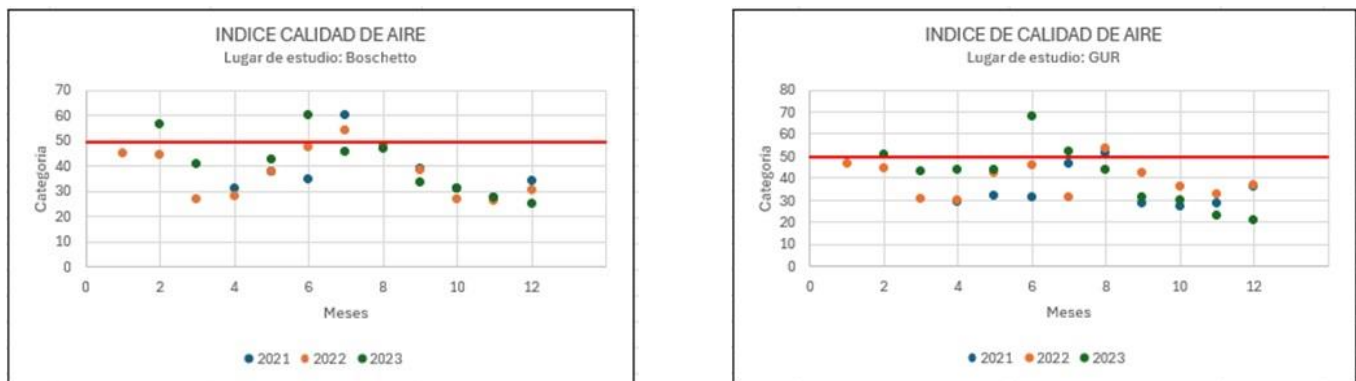


Figura 4. Evolución mensual del Índice de Calidad del Aire (US-AQI) para el periodo 2021-2023 en la ciudad de Rafaela.

En relación con el material particulado 2.5 ($PM_{2.5}$) se observa (Figura 5) que se supera en todos los años de estudio el límite admisible de concentración establecidos por OMS (2021) (5 microgramos/ m^3) y, meses puntuales que se encuentran por debajo de las limitaciones, con relación a US-EPA (2024) (9 microgramos/ m^3), indicando así una situación crítica a mejorar.

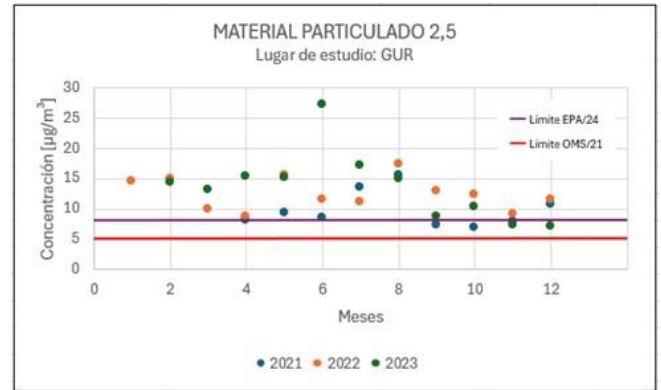
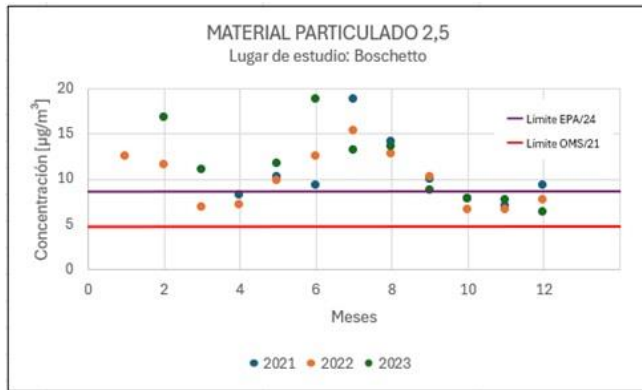


Figura 5. Evolución media mensual de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) en los sitios de monitoreo del área de estudio para el periodo 2021-2023.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados observados, se puede concluir que la calidad del aire urbano en la ciudad de Rafaela, para el periodo 2021- 2023, en relación con el índice de Calidad de Aire (AQI) ha sido de buena a moderada con picos estacionales de concentración de material particulado durante los meses de junio, julio y agosto debido a que son meses de invierno donde los ciudadanos para garantizar su confort, calefaccionan sus hogares con el uso de leña, se movilizan con mayor frecuencia en vehículos motorizados; sumado a que en los últimos años se vivió situaciones de sequía provocando la permanencia de polvo en el ambiente en mayores concentraciones.

También, se puede observar que la ciudad de estudio está fuera de los límites de concentración media anual de PM_{2.5}, ya que los niveles recomendados en las Guías de Calidad de Aire de la OMS actualizadas (2021) son de 5 µg/m³ para el material particulado 2.5 y 9 µg/m³ según la nueva actualización de las normas US-EPA (2024), superando dichos valores pudiéndose deber a la falta de conciencia ambiental ciudadana.

Para revertir esta situación y prevenir futuros efectos adversos sobre la salud como ser la agudización de las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y pulmonares entre otras, se debe comenzar con la concientización ciudadana, además de establecer Normas restrictivas y su implementación para las inversiones futuras, como ser, medios de transporte menos contaminantes, viviendas energéticamente eficientes, construcciones más limpias, generación de energías limpias y mejor gestión de residuos industriales y municipales permitirían reducir importantes fuentes de contaminación del aire.

Si bien no se mencionan con mayor detenimiento la confiabilidad e incertidumbre del método de medición debido al alcance inicial de este trabajo, para futuras investigaciones se tendrá en cuenta realizar una calibración local con equipos de referencia (muestreador hi-vol o equipo continuo tipo EPA- BAM o TEOM). Además, se tendrán en cuenta datos de temperaturas medias mensuales para el periodo muestreado y otros datos relevantes tales como proporción de hogares que usan leña, cuánta leña usan por año y número y proporción de vehículos que circulan en ambos sitios de muestreo.

Agradecimientos

Se Agradece especialmente a la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Rafaela por el apoyo técnico e institucional. Además, se agrade a la empresa suiza IQAir por el aporte de los medidores en el marco del proyecto internacional "aires nuevos para la nueva infancia" presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26), Glasgow, Escocia

Referencias

- Ahrens C. D., Henson R. 2018. Essentials of meteorology: An invitation to the atmosphere. CENGAGE Learning. 550 pp.
- Clark H., Coll-Seck A. M., Banerjee A., Peterson A., Dalglis S. L., Ameratunga S. 2020. "A future for the world's children?" The Lancet. 54 pp.
- Daly A., Cognuk González S. 2021. Calidad del aire: es el momento de actuar. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). 64 pp.
- Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local (ICEDEL). 2010. Datos poblacionales de Rafaela - Censo 2010. Municipalidad de Rafaela. EDITORA ICEDEL. 14 pp.
- IQAIR-AirVisual. 2019. Pro Tech Spec. CDI1092.3 INT 171227. 1 pp. Consultado en: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0677/4059/8571/files/AVPro-Technical_Specs_intl_v01.03a_2023_eda4870e-96eb-465c-8bf3-7d26aa4b30ef.pdf?v=1722962451. Último acceso: 15/05/2024
- Organización Mundial de la Salud (OMS).2018. ¿La herencia de un mundo sostenible? Atlas sobre salud infantil y medio ambiente. Ginebra. 164 pp.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2021. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: partículas en suspensión (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. Ginebra. 16 pp.
- Shiva Nagendra S. M., Schlink U., Müller A., Khare M. 2021. Urban air quality monitoring, modeling and human exposure assesment. Springer. 454 pp.
- Suarez L., Mesías S., Iglesias V., Silva C., Cáceres D., Ruiz Rudolph R. 2014. Personal exposure to particulate matter in commuters using different transport modes (bus, bicycle, car and subway) in an assigned route in downtown Santiago, Chile. Environ. Sci. Process Impacts. (16):1309-1317 pp.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2018. Technical Assistance document for the reporting of daily Air Quality - The Air Quality Index (AQI). EPA 454/B-18-007. 22 pp. Consultado en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100W5UG.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2016+Thru+2018&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&>. Último acceso: 24/03/2024
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2024. UPDATE - Technical Assistance document for the reporting of daily Air Quality - The Air Quality Index (AQI). EPA 454/B-18-007. 3 pp. Consultado en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100W5UT.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2016+Thru+2024&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&>. Último acceso: 17/07/2024
- Zamora L. M., Rice J., Koehler K. 2020. One year evaluation of three low cost PM2.5 monitors. Atmospheric Environment. (235): 1 – 11 pp.