

ANÁLISIS DE INCENDIOS Y DESPLAZAMIENTOS DE MASAS DE AIRE, EN RELACIÓN CON CONCENTRACIONES DE NO₂ EN SITIOS DEL GRAN ROSARIO

Julia Gastauto¹, Greta Ailín Piñol^{2,3}, Verónica Anibalini¹, María Isabel Micheletti^{2,4}
gastautojulia@fcv.unr.edu.ar

¹Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) ²Instituto de Física Rosario (CONICET- UNR)

³Facultad de Química e Ingeniería del Rosario (UCA) ⁴Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas (FBIOyF, UNR)

Palabras clave: Contaminación atmosférica, Delta del Paraná, trayectorias.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2008 son frecuentes los incendios en el Delta del Río Paraná, presentándose principalmente durante los meses de junio a septiembre (Binet et al., 2024). Cuando estos eventos se combinan con años secos se vuelven más intensos. Esta situación genera una alta producción de dióxido de nitrógeno (NO₂), siendo éste el producto de la reacción de oxidación del monóxido de nitrógeno, que ocurre pocos minutos después de su emisión por la quema de combustible fósil y la quema de biomasa a altas temperaturas. Este compuesto, cuando se encuentra en altas concentraciones en la atmósfera, es un importante contaminante del aire, debido a las graves consecuencias que ocasiona tanto para la salud humana como ambiental. Además, juega un rol importante en la generación de aerosoles secundarios.

En el año 2022, de gran sequía por el fenómeno de la Niña, en las islas del Delta superior se produjeron diversos focos de incendio afectando a las localidades ubicadas frente a dicha área. Esto generó tanto problemas ambientales como de salud en las comunidades afectadas. El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre los incendios ocurridos en agosto y septiembre de 2022 y la contaminación por NO₂ a través del desplazamiento de las masas de aire, en comparación con el año 2023 que no presentó eventos significativos de incendios, para cuantificar el incremento de la concentración de NO₂ en distintas localidades del Gran Rosario (GR) para el año con incendios.

2. METODOLOGÍA

Para analizar la relación entre los valores de NO₂ con los incendios (Inc) ocurridos frente a las costas de la localidad (Loc) de Rosario (ROS; -32,963 -60,615) se trazó un buffer de 40 km desde el punto -32,9797 -60,4955. Se seleccionaron 4 sitios: ROS, San Lorenzo (SLO; -32,7453 -60,7262), Villa Constitución (VC; -33,2242 -60,3304) y Zavalla (ZAV; -33,01978 -60,87861). El período de estudio comprende los años 2022 (con incendios [cI]) y 2023 (sin incendios [sI]), donde se analizaron los meses de agosto (AGO) y septiembre (SEP). Se identificaron tres intervalos para AGO (1 al 6, sI; 13 al 24, cI y 25 al 31, sI) y dos para SEP (6 al 17, cI y 18 al 25, sI). Para cuantificar las emisiones de NO₂ asociadas a los Inc, se utilizaron datos de concentración de NO₂ troposférico del sensor TROPOMI a bordo del satélite Sentinel-5P de la Agencia Espacial Europea (ESA) (García Ferreyra and Lanfri, 2020). La extracción y procesamiento de los datos se realizó a partir del producto Copernicus Sentinel-5P NRTI Level 3 NO₂, a través de la plataforma Google Earth Engine (GEE). Se calculó el promedio de las concentraciones diarias de NO₂ para los periodos de interés, en mol/m² (M/m²). Los datos procesados fueron exportados a QGIS, donde se organizaron y se utilizaron para la elaboración de mapas. Los valores de NO₂ se transformaron a micromol/m² (µM/m²). La información sobre los focos de calor activos durante el periodo de estudio fue obtenida de la web de la NASA Fire Information for Resource Management System. Los datos provinieron del instrumento VIIRS a bordo del satélite NOAA-20. Se aplicó un filtro de calidad. Se analizaron trayectorias de masas

de aire utilizando el algoritmo HYSPLIT/NOAA. Las mismas se calcularon a 20 metros sobre el nivel del suelo (AGL) debido a la cercanía de los focos con el área de estudio. Se computaron trayectorias horarias con inicio a las 00:00 hora local (GTM-3), obteniendo un total de 24 trayectorias por día. Para los días en los que se reconocían diferentes eventos de quemas, se seleccionaron diferentes puntos de inicio de las trayectorias para cada uno de ellos. Si bien los Inc, especialmente durante el período del 13 al 24 de AGO de 2022, se propagaron sobre un área muy extensa, se distinguen 3 zonas con quemas en AGO (frente a ROS – frente a VC - Centro del humedal) y 2 zonas en SEP (frente a Arroyo Seco (AS) / Villa Gobernador Gálvez (VGG) y frente a VC). La ubicación diaria de los focos fue cambiando durante el período de estudio. Esta distinción se utilizó para caracterizar cada evento en base al área quemada y el Fire Radiative Power (FRP).

3. RESULTADOS

El día 15/08 el Inc frente a ROS mostró el área quemada ($15,369 \text{ km}^2$) y FRP más alto ($3461,03 \text{ MV}$), mientras que el 14/08 el Inc más extenso ($50,76 \text{ km}^2$) e intenso ($12565,44 \text{ MV}$) ocurrió frente a VC. Por su parte el 19/8 fue el día con mayor FRP de las quemas que se desarrollaron en la zona media del humedal ($4,65 \text{ km}^2$ y $330,55 \text{ MV}$). Para SEP, durante los días 12, 13 y 16 se desarrollaron los Inc más extensos e intensos según los valores de área quemada y FRP obtenidos ($17,2 \text{ km}^2$ y $3386,22 \text{ MV}$; $31,02 \text{ km}^2$ y $3319,2 \text{ MV}$; y 20 km^2 y $3001,2 \text{ MV}$, respectivamente), frente a AS y VGG. A partir del análisis espacio temporal de NO_2 se obtuvieron los mapas correspondientes (Figura 1). Allí se observan las concentraciones de NO_2 , colores más oscuros indican mayor concentración. Durante AGO de 2022, para los Inc ocurridos entre el 13 y 24, VC fue la Loc que registró mayor concentración media ($170 \mu\text{M}/\text{m}^2$) para ese periodo. Los días 25 al 31/08 registraron los valores más bajos de NO_2 del total del periodo analizado, para todas las Loc (ROS: $70 \mu\text{M}/\text{m}^2$; SLO, VC y ZAV: $60 \mu\text{M}/\text{m}^2$). Durante los Inc de SEP, del 6 al 17, se obtuvieron los mayores valores en ROS ($120 \mu\text{M}/\text{m}^2$), SLO y ZAV ($90 \mu\text{M}/\text{m}^2$) y el segundo valor más alto para VC ($110 \mu\text{M}/\text{m}^2$). Luego de los mismos, los valores descendieron, pero se mantuvieron altos en las 4 Loc (ROS: $90 \mu\text{M}/\text{m}^2$; SLO y ZV: $80 \mu\text{M}/\text{m}^2$; VC: $70 \mu\text{M}/\text{m}^2$). Para el 2023 los valores registrados variaron entre 70 y $90 \mu\text{M}/\text{m}^2$ para ROS y entre 60 y $80 \mu\text{M}/\text{m}^2$ para el resto. Analizando las trayectorias de masas de aire para todos los días del período 13-24/08/2022 (Figura 2), se obtiene que para la mayoría de esos días las mismas pasan por VC. En cambio, las otras Loc sólo son atravesadas por masas de aire provenientes de las quemas en contadas ocasiones: 13/08 ROS y ZAV, 14/08 ROS, 16/08 ROS y SLO (en este caso se trata de trayectorias indirectas que arriban luego de realizar un recorrido más largo), 21/08 ROS y ZAV. Estos resultados condicen con los de los mapas presentados en la Figura 1, donde se observa un aumento significativo en el valor medio de la concentración de NO_2 sólo para VC en el período 13-24/08/22 respecto del período anterior sI y respecto del mismo período del año 2023 sI. Para el período cI del 6-17/09/22, la situación de las direcciones de las masas de aire se encuentra más distribuida que en el caso anterior, dirigiéndose a veces hacia el sur del Gran Rosario, llegando hasta VC, y otras veces hacia el centro, norte y oeste, arribando a ROS, ZAV y SLO. Los desplazamientos de las masas de aire provocan un aumento de las concentraciones de NO_2 en todos los sitios en comparación con el período posterior sI del 18-25/09/22 y con respecto al mismo período (6-17/09) del año 2023 sI. Este aumento es especialmente notorio en ROS y VC debido a su mayor cercanía a los focos de incendio, mientras que las masas de aire provenientes desde los mismos que llegan a SLO y ZAV lo hacen recorriendo mayores distancias. Esto puede notarse en los mapas de distribución de la concentración de NO_2 para este período (Figura 1).

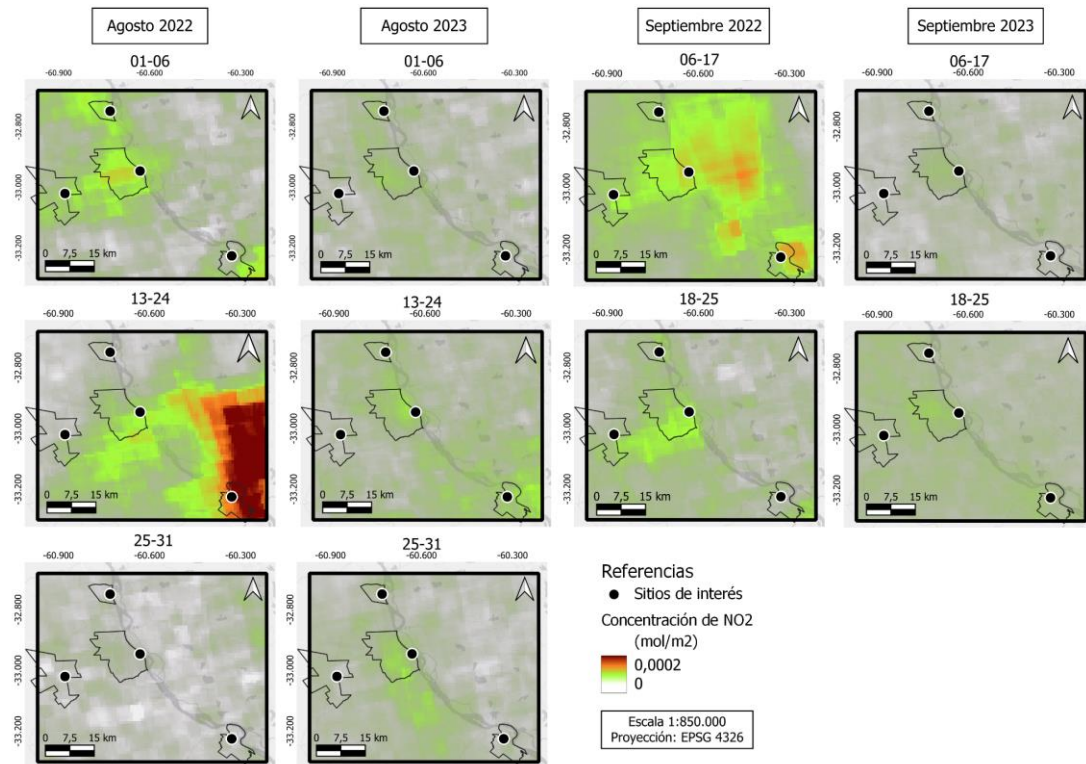


Figura 1. Evolución espacio temporal de las concentraciones de NO_2 (valores medios para cada período de días especificados) en la zona de estudio, durante agosto y septiembre de 2022 y 2023.

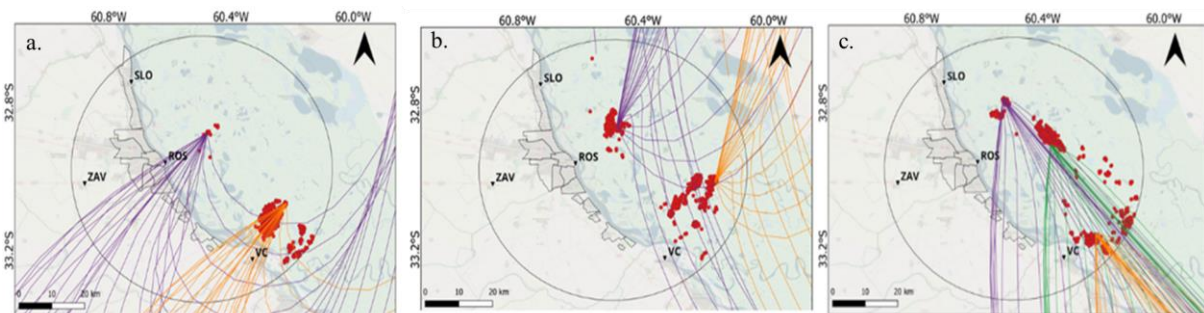


Figura 2. Incendios y trayectorias de masas de aire para los días 14/8 (a), 15/8 (b), 19/8 (c) de 2022. Violeta: trayectorias desde incendios frente a ROS. Naranja: trayectorias desde incendios frente a VC. Verde: trayectorias desde incendios del centro del humedal.

4. CONCLUSIONES

Se demostró una clara relación entre los incendios del Delta (2022) y el aumento de NO_2 en Loc del GR, especialmente en las costeras más cercanas a los focos, obteniéndose un incremento en la concentración media de NO_2 del 89% para VC y del 50% para ROS para los períodos donde estas Loc alcanzan sus máximos, respecto de los mismos períodos del año 2023 (sI). Las trayectorias de masas de aire confirmaron la llegada de NO_2 a áreas urbanas. Esto señala la urgencia de contar con un sistema eficiente de gestión de incendios, para controlar sus efectos en la calidad del aire y la salud.

5. REFERENCIAS

Binet, M.V., Micheletti, M.I., Piacentini, R.D., 2024: Propagation of NO_2 originated in intense fires in the Paraná River Delta analyzed from satellite observations. *Advances in Space Research*, 74, 682–694.

García Ferreyra, M.F. y Lanfri, M., 2020: Productos de Calidad del Aire. Promedio mensual de la columna troposférica de NO_2 TROPOMI/Sentinel-5p. Comisión Nacional de Actividades Espaciales. V.2.0.