Nicolás A. Mazzeo
Dr. en Ciencias de la Atmósfera *(UBA)*. Investigador del CONICET en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional *(FRA-UTN)*. Autor de numerosos trabajos científicos y técnicos sobre contaminación atmosférica publicados en revistas nacionales e internacionales, y presentados a Congresos y Reuniones Científicas. Director y profesor en la Maestría en Ingeniería Ambiental de la FRA-UTN.

Laura E. Venegas
Dra. en Ciencias de la Atmósfera *(UBA)*. Investigadora del CONICET en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional *(FRA-UTN)*. Autora de numerosos trabajos científicos y técnicos sobre contaminación atmosférica publicados en revistas nacionales e internacionales, y presentados a Congresos y Reuniones Científicas. Profesora en la Maestría en Ingeniería Ambiental de la FRA-UTN.

INTERPRETACIÓN DE VALORES DE CONCENTRACIÓN DE NO_X EN EL AIRE EN DOCK SUD

INTERPRETATION OF NO_X AIR CONCENTRATION VALUES IN DOCK SUD

Fotos: B&M

Se analizan concentraciones de NO_X en aire medidas en cuatro lugares de monitoreo ubicados en Dock Sud. Se estiman y analizan las concentraciones medias de NO_X y las varianzas correspondientes a los aportes de los niveles de contaminación en las escalas regional y local y del error del instrumental, para cada monitor y diferentes direcciones del viento.

Palabras clave: contaminación del aire, óxidos de nitrógeno, monitoreo, varianza, escalas regional y local, error.

This study presents an analysis of NO_X concentrations registered at four monitoring stations located in Dock Sud. Mean NO_X concentrations and the variances of the contributions due to air pollution at regional and local scales and monitoring errors are estimated and analysed with wind directions, at each monitoring site.

***Keywords**: air pollution, nitrogen oxides, monitoring, data analysis, data variability, regional and local scales, data error.*

1. Introducción

La atmósfera puede ser considerada como el más importante recurso de la humanidad. Por lo tanto, el balance entre el uso y la protección de la misma debe tener gran prioridad para la civilización. Las grandes ciudades y sus alrededores son áreas densamente pobladas y concentran una importante actividad antropogénica. En consecuencia, la calidad de su aire puede encontrarse deteriorada. Un control efectivo de la contaminación del aire depende de la información actual y de sus proyecciones. La calidad del aire urbano se monitorea continuamente en las grandes ciudades del mundo. Generalmente, los datos provienen de estaciones de monitoreo ubicadas en lugares críticos *(Mazzeo y Venegas, 2010)* que son representativos del entorno de las mismas.

En este trabajo, se analizan concentraciones horarias de NO_X medidas *(JICA-SAyDS, 2002)* durante tres meses en cuatro lugares en Dock Sud *(Prov. Buenos Aires)*. Se obtienen las rosas de contaminación media de NO_X en cada lugar de monitoreo. Considerando que los valores medidos están constituidos por contribuciones regional, local y por el error inherente al monitor utilizado, se evalúan los aportes de estos componentes a la variabilidad de las concentraciones de NO_X en el aire.

2. Metodología

Se propone representar la concentración de contaminantes en aire por los aportes de los niveles de contaminación en las escalas regional y local y del error del instrumental.

En consecuencia, el valor de la concentración (X_i) medida en el lugar de monitoreo "i" está dado por:

$$X_i = R_i + L_i + e_i \qquad (1)$$

donde Ri es la contribución regional, Li es el aporte local y ei es la contribución del error del instrumento en el lugar de monitoreo "i".

A partir de la ecuación *(1)*, se puede obtener la siguiente expresión de la varianza (V_i) de la concentración para el lugar de monitoreo "i":

$$V_i = V(R_i) + V(L_i) + V(e_i) + 2\,Cov(R_i,L_i) + 2\,Cov(R_i,e_i) + 2\,Cov(L_i,e_i) \qquad (2)$$

donde $V(R_i)$, $V(L_i)$ y $V(e_i)$ son las contribuciones regional, local y del error a la varianza total V_i, $Cov(R_i,L_i)$, $Cov(R_i,ei)$ y $Cov(L_i,e_i)$ son las covarianzas entre los pares de contribuciones: regional-local; regional-error y local-error, respectivamente.

Se considera que la contribución debida a los errores es aleatoria, no estando correlacionada con los aportes regional y local y, por lo tanto, $Cov(R_i,e_i)=Cov(L_i,e_i)=0$. Luego, la ecuación *(2)* se reduce a:

$$V_i = V(R_i) + V(L_i) + V(e^i) + 2\,Cov(R_i,L_i) \qquad (3)$$

3. Resultados

Se analizan las concentraciones horarias de NO_X medidas los días hábiles durante tres meses en cuatro lugares de monitoreo (i=1,2,3,4) localizados en un área de 3km^2 ubicada en Dock Sud *(Figura 1)*. En este lugar, el Río de la Plata tiene un ancho aproximado de 46 km y los vientos aportan "aire limpio" proveniente del río durante el 65% del tiempo.

En el área se encuentran diferentes fuentes de emisión de NO_X a la atmósfera. Entre ellas, hay tanques de almacenamiento de combustible de diferentes empresas y dos refinerías de petróleo.

También, se encuentra una entrada al puerto y varias dársenas con un movimiento mensual de aproximadamente 420 barcos de carga y de pasajeros. Hacia el oeste del área está la autopista Dr. Ricardo Balbín con un caudal vehicular medio de 60000veh/día. Asimismo, hay dos Centrales Termoeléctricas, la más grande *(Costanera)* se encuentra localizada en la ciudad de Buenos Aires, cerca del área de estudio y la más pequeña *(Dock Sud)* está próxima al monitor 2.

Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo.

En cada lugar de monitoreo, se estimaron las contribuciones de las tres componentes *(regional, local y error)* a la varianza total de la concentración de NOx para cada dirección del viento. Los valores medios y las varianzas de las concentraciones de NO_X para diferentes direcciones de viento en cada lugar de monitoreo, se presentan en las Figuras 2 y 3, respectivamente. La mayor varianza *(3.55E-03 ppm²)* se observa en el monitor 1, para la dirección del viento NW. Este resultado puede asociarse con la variabilidad de las emisiones de los automotores que circulan en el entorno cercano de del monitor y a las embarcaciones que navegan por las dársenas.

La componente regional contribuye como la "contaminación urbana de fondo", sólo cuando el viento atraviesa un área urbana antes de alcanzar la zona de estudio; en caso contrario, su aporte puede considerarse despreciable y en consecuencia $Cov(R_i,L_i)\approx 0$.

Luego, para cada dirección de viento "j", la ecuación *(3)* puede ser expresada mediante:

$$V_{ij} = V(R_i)_j + V(L_i)_j + V(e_i) \qquad (4)$$

Los menores valores de la concentración media *(1.3E-02 ppm, Figura 2)* y de la varianza *(V_{ij}= 4.2E-05 ppm², Figura 3)* se encuentran en el monitor 3 para la dirección del viento E. En estas situaciones, el viento transporta 'aire limpio' proveniente del río hacia el monitor 3. En consecuencia, ese valor de la varianza se puede considerar una estimación de $V(e_i) = V(e)$ *(supuesto igual para todos los monitores y direcciones del viento)*. Por otra parte, en todos los lugares de monitoreo se consideró que el aporte de las emisiones regionales es despreciable cuando el viento proviene del río, siendo $V(R_i)_j = 0$ para j=N, NE, E, SE.

Analizando los datos de cada monitor cuando las direcciones del viento son S, SW, W y NW, se obtuvo que los menores valores de la concentración media *(1.9E-02 ppm)* y de la varianza *(1.56E-04 ppm²)* se presentan en el monitor 3 para la dirección de viento NW. Debido a que en este monitor la influencia de las fuentes locales es mínima *(Figura 4)*, puede suponerse que el menor valor de la concentración está asociado principalmente a la contribución regional y al aporte del error de los monitores. En consecuencia resulta $V(R_i)j$= 1.14E-04ppm² *(para j= S, SW, W, NW)*.

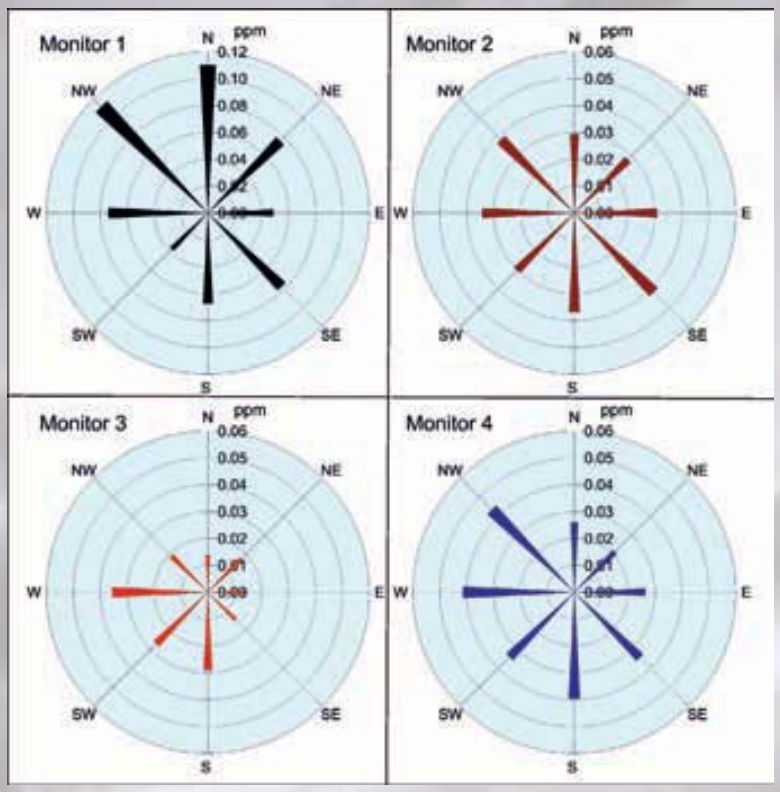

Figura 2. Rosa de concentración media de NO_X en aire en cada monitor (las escalas son diferentes).

Para el área de estudio, las principales fuentes de contaminación regional corresponden a la ciudad de Buenos Aires y al Gran Buenos Aires.

Las variabilidades de la concentración en estas áreas son similares, debido a que sus aportes están asociados mayoritariamente a las emisiones procedentes de los vehículos. Por lo tanto, se puede suponer que la componente regional de la varianza es la misma en todos los lugares de monitoreo y depende sólo de la dirección del viento, resultando $V(R_i)_j = V(R)_j$.

Finalmente, en cada lugar de monitoreo se puede estimar la contribución local como $V(L_i)_j = V_{ij} - V(R)_j - V(e)$ para cada dirección del viento. Las contribuciones $V(L_i)_j$, $V(R)_j$ y $V(e)$ para cada dirección de viento se presentan en la Figura 3.

Sintetizando los resultados, excepto en el monitor 3 y dependiendo de la dirección del viento, el error de los monitores $V(e)$ aporta entre el 1.2% y el 12.6% de la varianza total. Dependiendo de la dirección del viento y del lugar de monitoreo, la contribución de la componente regional varía entre el 3.2% y el 73.2% de la varianza total. Las mayores contribuciones de $V(L_i)_j$ son responsables del 98.7% *(monitor 1)*, 95.8% *(monitor 2)*, 65.9% *(monitor 3)* y 93.9% *(monitor 4)* de las varianzas totales para diferentes direcciones del viento. Estas altas contribuciones de la componente local a la varianza, están asociadas principalmente a la variabilidad de las emisiones de las fuentes móviles *(vehículos que circulan por las calles aledañas y la autopista, y/o las embarcaciones en las dársenas cercanas).*

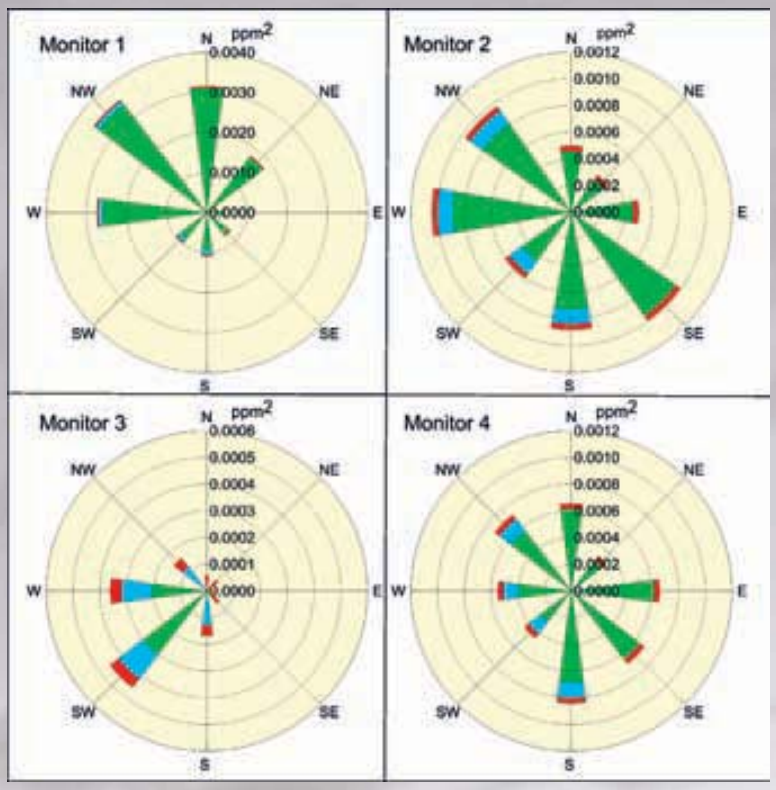

Figura 3. Varianza de las concentraciones horarias NO_X para cada dirección del viento en cada monitor.
Contribuciones: regional $V(R)_j$; - local $V(L^i)_j$; - error $V(e)$ (las escalas son diferentes).

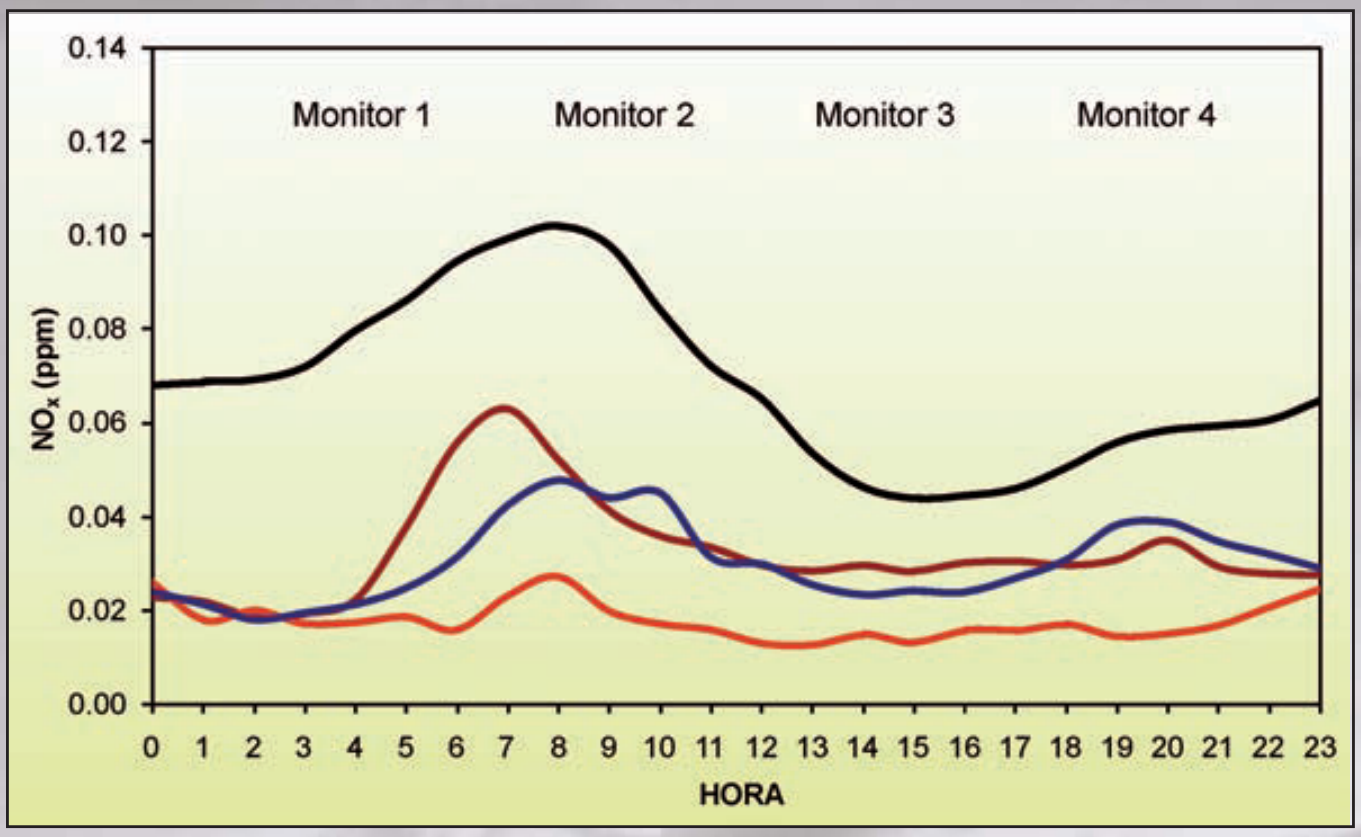

Figura 4. Variación horaria media de las concentraciones de NO_X en cada monitor.

4. Conclusiones

Se presenta un análisis de concentraciones horarias de NO_X en aire medidas los días hábiles de tres meses en cuatro estaciones de monitoreo en Dock Sud. Se propone que el valor de la concentración horaria medida en el monitor "i" para la dirección del viento "j" corresponde a tres aportes: una contribución regional, un aporte 'local' originado por las fuentes cercanas a cada monitor y una contribución del error de los monitores. La varianza total de las concentraciones horarias es afectada por la variabilidad de cada aporte. En la mayoría de los resultados obtenidos, la contribución del error de los monitores a la varianza total varía entre 1.2% y 12.6% de la misma. Dependiendo de la dirección del viento y del monitor, la contribución regional a la variancia total se encuentra entre 3.2% y 73.2%. Las mayores contribuciones locales son responsables del 98.7% *(monitor 1)*, 95.8% *(monitor 2)*, 65.9% *(monitor 3)* y 93.9% *(monitor 4)* de Vij.

5. Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Proyecto CONICET-PIP 0304.

6. Bibliografía

JICA-SAyDS, 2002. Estudio o línea de base de concentración de gases contaminantes en atmósfera en el área de Dock Sud en Argentina. Agencia de Cooperación Internacional del Japón en Argentina - Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Informe Final.

Mazzeo N. A. y Venegas L. E. 2010. Development and application of a methodology for designing a multi-objective and multi-pollutant air quality monitoring network for urban areas. En A. Kumar *(Ed.)* Air Quality. Chapter 2, 23-47. Sciyo Editorial.