



Identificación del Trabajo	
Área:	Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable
Categoría:	Alumno
Regional:	Rosario

Relación entre los Oxidantes Totales y los Óxidos de Nitrógeno en el aire de la ciudad de Rosario

Ma. Victoria DONADELLO, Lucía M. POLITO, Ma. Constanza GIGLIO, Pamela E. MAJORANO.

Grupo GESE (Zeballos 1341, Rosario), Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail de autores: mdonadello@frro.utn.edu.ar, lpolito@frro.utn.edu.ar, mgiglio@frro.utn.edu.ar, pmajorano@frro.utn.edu.ar

Este trabajo ha sido realizado bajo la supervisión del Ing. Leonardo C. Ferrari y la Ing. Mabel A. Dupuy, en el marco del proyecto "Monitoreo de las concentraciones de oxidantes totales en un sitio testigo de la Ciudad de Rosario". (2016 – 2018)

Resumen

Se realizaron mediciones simultáneas de los niveles de oxidantes totales y óxidos de nitrógeno, en la zona céntrica de la ciudad de Rosario. Para estas determinaciones, se han empleado dos metodologías de monitoreo reconocidas en el orden internacional (ASTM y EPA), encontrando que los valores medidos con el primer método no eran fiables, mientras que los obtenidos en la segunda instancia concuerdan con niveles medidos en comunidades de características similares.

Las concentraciones registradas en el sitio de muestreo para ambos contaminantes resultaron, en su mayoría, superiores a los valores guía de calidad de aire fijados por las normas.

Paralelamente pudo determinarse que el 30% de los oxidantes totales se encuentra conformado por dióxido de nitrógeno. Con dicha relación se podría aproximar el valor de la concentración de un contaminante en función del otro.

Palabras Claves: oxidantes totales, óxidos de nitrógeno, aire urbano.

1. Introducción

El Grupo de Estudios Sobre Energía y Medio Ambiente (G.E.S.E.), de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario investiga desde hace más de dos décadas diversos contaminantes del aire en la ciudad de Rosario, ya sea en el marco de proyectos de investigación homologados como por convenios específicos con terceros, tanto del ámbito privado como con entes gubernamentales. Entre estos últimos se destaca la Municipalidad de Rosario.

En función de ello, se han llevado a cabo planes de monitoreo para diversos contaminantes del aire tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2) y, más recientemente, oxidantes totales expresados como ozono (O_3).

En este trabajo se monitorearon los oxidantes totales y se estudió su relación con los NO_x (específicamente el NO_2 , ya que el NO no es oxidante), por lo que fue necesario conocer su naturaleza y las reacciones químicas que ocurren entre ellos durante el día.

Los oxidantes totales están constituidos por una gran cantidad de agentes químicos, de los cuales forman parte los denominados "fotoquímicos". Estos últimos son contaminantes secundarios producidos a partir de la interacción de contaminantes primarios con la radiación solar, es decir un proceso fotoquímico en donde estos contaminantes primarios no son inmediatamente oxidables por el oxígeno del aire (O_2). Dichas reacciones se dan con diferente intensidad según sea la magnitud de las emisiones de contaminantes y la insolación durante distintos momentos del día. Ello genera que la relación entre las concentraciones de los NO_x y los oxidantes totales varíe durante el transcurso del día.

A continuación, se describe de forma genérica la secuencia de transformaciones químicas que explican las variaciones diarias de las concentraciones de estos contaminantes en una zona urbana como Rosario, de acuerdo con lo extraído de bibliografías de referencia (Seager y Stocker (1981)):

Durante la mañana, a medida que se incrementa el tránsito vehicular con sus emisiones, los niveles ambientales de NO e hidrocarburos se incrementan. Al llegar el amanecer, el NO_2 , ya existente en la atmósfera empieza a sufrir foto disociación, de acuerdo con la reacción:



Esta reacción produce oxígeno atómico y aumenta el nivel de NO en la atmósfera. El oxígeno atómico generado está disponible para la formación de O_3 y radicales hidrocarbonados libres. La concentración de O_3 , se mantiene en un principio emparejada con la concentración creciente de NO.

Al transcurrir la mañana, el efecto de los radicales hidrocarbonados libres se pone de manifiesto, y se combinan con cantidades apreciables de NO, lo que proporciona más NO_2 y un descenso del nivel de NO. Las concentraciones superiores de NO_2 y una radiación solar más intensa generan más oxígeno atómico, que conduce a una mayor concentración de O_3 .

Alrededor de la mitad de la mañana, el nivel de NO es sustancialmente menor. Ello impide que tenga lugar la reacción de formación de NO_2 dada por la ecuación:



En consecuencia, la concentración de O_3 aumenta rápidamente. Durante las horas de la tarde, la atmósfera cargada con oxidantes convierte a los hidrocarburos en

otros tipos de moléculas orgánicas y el nivel atmosférico disminuye. Las concentraciones de O_3 disminuyen más a medida que avanza el día, debido a las reacciones con otros contaminantes, el suelo, las plantas y los materiales del medio que lo rodea.

De no existir reactivos que afecten a estos procesos, el ciclo descrito produciría un efecto total nulo, es decir, las concentraciones ambientales de óxidos de nitrógeno no variarían, puesto que el O_2 y el NO se formarían y se destruirían en cantidades iguales. Sin embargo, los hidrocarburos existentes en la atmósfera, (procedentes de las mismas fuentes que los NO_x , a saber: emisiones de vehículos motorizados, viviendas con uso de gas natural e industrias con equipos de combustión) actúan de forma que el ciclo se desequilibra, ya que el NO se transforma en NO_2 con mayor rapidez de lo que el NO_2 se disocia en NO y O.

En dicho proceso, es de suma importancia la formación de ozono a través del ciclo fotolítico del NO_2 , la reacción del ozono y el oxígeno con compuestos orgánicos volátiles produciendo radicales libres y la reacción de éstos entre sí para producir otros contaminantes fotoquímicos. No obstante, es importante destacar que la presencia de agentes reductores en la atmósfera, como por ejemplo el SO_2 , influyen en la concentración resultante de los oxidantes, puesto que reacciona químicamente con ellos, reduciendo así su concentración.

Otro hecho fundamental que debe ser tenido en cuenta, es que la mayor o menor presencia de oxidantes totales en la atmósfera hacen a la mayor o menor destrucción por oxidación de los diversos materiales que componen las edificaciones, los vehículos, etc., dando como resultado la corrosión de estructuras metálicas, oxidación de los compuestos de caucho, etc. Esto último, se denomina corrosión atmosférica.

Además, según la concentración y el tiempo de exposición, los oxidantes y los NO_x pueden causar síntomas respiratorios diversos, aumento de la sensibilidad de las vías aéreas e inflamación de las mismas (efectos agudos debidos a la exposición a corto plazo), deterioro de la función pulmonar, tos persistente y disminución de las defensas ante infecciones bacterianas, observándose también un incremento de las admisiones hospitalarias por causas respiratorias y exacerbación del asma (efectos crónicos por exposición a largo plazo). Los efectos más leves de los oxidantes sobre la salud comienzan a observarse a partir de los $120 \mu g/m^3$, afectando principalmente a pacientes asmáticos, según la OMS (2000).

2. Metodología

2.1. Técnicas de monitoreo.

En principio, como técnica de monitoreo para oxidantes totales se seleccionó el método activo de acuerdo con la norma ASTM D 2912-76: "Método de Prueba para el Contenido de Oxidantes en la Atmósfera (KI neutro)" (1996), que en adelante nombraremos como "Método ASTM". La misma consiste en retener los oxidantes en un reactivo absorbente compuesto por una solución de yoduro de potasio en medio neutro y su posterior análisis espectrofotométrico a 352 nm. El Método ASTM puede ser utilizado para la determinación manual de los oxidantes netos en concentraciones entre 0,01 y 10 ppm como el ozono.

Desde un primer momento la puesta en práctica de la metodología de muestreo sugerida en dicha norma, no prestaba plena satisfacción en relación con los resultados esperados. Los valores obtenidos mediante esta técnica no eran consistentes con los niveles de NO_x medidos en forma paralela, teniendo en cuenta además que los NO_x

representan una parte de los oxidantes totales. Dos aspectos en particular resultaban de significación; la capacidad de retención del absorbente y la estabilidad del retenido.

Debido a esta situación, se decidió aplicar una nueva metodología denominada "Determinación de Oxidantes (Incluido Ozono): método del yoduro de potasio alcalino", de la Oficina de Protección del Medio Ambiente de los EEUU (EPA), que en adelante mencionaremos como "Método EPA". Esta técnica consiste en retener los oxidantes en una solución de yoduro de potasio en medio alcalino y su posterior análisis espectrofotométrico a 352 nm (EPA, ex- U.S. HEW Division of air pollution (1965)).

Luego, para obtener las condiciones óptimas de monitoreo y en función de la experiencia obtenida con la técnica anterior, se ensayaron distintos tiempos de muestreo como así también distintos caudales de muestreo, seleccionando como la mejor alternativa el empleo de monitoreo durante 1 hora a un caudal de aproximadamente 0.5 l/min, aspirando aire desde el ambiente exterior.

Para los óxidos de nitrógeno se aplicó la metodología denominada "Método del Arsenito de Sodio en Medio Alcalino", conocido también como el "Método de Jacobs Hochheiser Modificado". Los periodos de muestreo fueron de 24 horas. Esta técnica consiste en retener los óxidos de nitrógeno en una solución de metaarsenito de sodio en medio alcalino y su posterior análisis espectrofotométrico a 540 nm (EPA (1977)).

2.2. Equipo de monitoreo.

Los sistemas activos de monitoreo se basan en el pasaje forzado de la muestra de aire a través de un medio que retiene en forma física o química el contaminante. Luego de tomada la muestra, la misma se analiza en laboratorio determinándose la masa de contaminante retenido. Con dicha masa y el volumen de aire muestreado, se determina la concentración promedio del contaminante en aire en el período de tiempo muestreado.

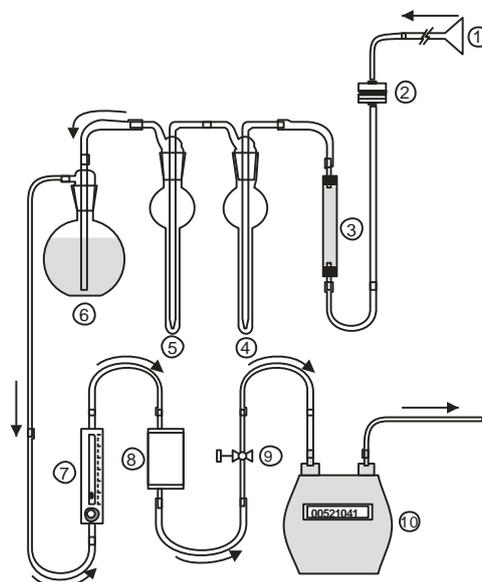


Figura 1. Tren de Monitoreo. Referencias: 1) Sonda de muestreo. 2) Filtro. 3) Columna oxidante. 4) Primer impactador. 5) Segundo impactador. 6) Secador. 7) Medidor de caudal. 8) Unidad de bombeo. 9) Válvula de regulación de flujo. 10) Medidor volumétrico.

Para ambos contaminantes, la muestra tomada desde la calle es forzada a pasar por un tren de monitoreo compuesto por una boca de aspiración, un filtro para retener material particulado, una columna oxidante rellena de lana de vidrio impregnada con solución sulfocrómica para abatir el dióxido de azufre (SO₂) y oxidar el NO a NO₂, dos impactadores que contienen solución absorbente para retener los contaminantes, un matraz de secado con gel de sílice, un rotámetro para medir el caudal instantáneo, una bomba de aspiración, una válvula del tipo a aguja para regular el caudal y un registrador - acumulador volumétrico. El esquema puede apreciarse en la Figura 1.

Si bien la configuración del equipo de monitoreo es la misma tanto para NO_x como para oxidantes totales, la diferencia reside en el diseño de los impactadores, dado que para los NO_x se emplean impactadores de 25 ml de capacidad con extremo de vidrio poroso, mientras que para los oxidantes totales se emplean impactadores de 10 ml sin extremo de vidrio poroso, como se describe en Andrés et al. (2018).

2.3. Análisis de muestras

Las muestras de oxidantes totales son acidificadas y se colocan en un baño de hielo para disminuir la temperatura producida por la neutralización efectuada. Finalmente se miden sus respectivas absorbancias a 352 nm. Mediante estos valores y la curva de calibración correspondiente al método, se obtienen los microlitros de oxidantes retenidos (expresados como ozono) y con el volumen de aire muestreado, se obtiene la concentración de oxidantes totales.

A las muestras de NO_x se les agrega peróxido de hidrogeno, sulfanilamida y reactivo de Saltzman. Se dejan reposar 10 minutos. Finalmente se miden sus respectivas absorbancias a 540 nm. Mediante estos valores y la curva de calibración correspondiente al método, se obtienen los microgramos de nitritos retenidos (expresados como NO₂) y con el volumen de aire muestreado, se obtiene la concentración de NO_x.

2.4. Sitio de muestreo.

El sitio en donde se realizaron las mediciones se encuentra en la zona centro de la ciudad de Rosario, en el edificio donde el G.E.S.E. U.T.N. F.R.Ro. posee sus instalaciones. El mismo se eligió por cuestiones de practicidad y porque es un punto de referencia para los monitoreos debido al historial de mediciones realizadas en él.

Con objeto de describir la ciudad Rosario, podemos señalar que se encuentra ubicada en la zona sur de la provincia de Santa Fe, República Argentina, entre los siguientes puntos extremos:

- Latitud: Paralelo 32° 52' 18" Sur y 33° 02' 22" Sur.
- Longitud: Meridiano 60° 36' 44" Oeste y 60° 47' 46" Oeste.
- Altitud sobre el nivel del mar: Oscila entre los 22,5 y 24,6 metros.

Vale la pena mencionar que limita al este con el río Paraná y en sus otros puntos cardinales con otras localidades del conurbano rosarino.

Ocupa una superficie total de 178,69 Km², de la cual la superficie urbanizada es de 120,37 Km². Según los datos difundidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Rosario tiene 1.198.528 personas.

Respecto al clima, se cataloga como templado pampeano, sin estaciones bien definidas. De todos modos, se registran mayores temperaturas en los meses de noviembre a marzo y una temporada fría entre junio y julio. Lluvia más en verano que en invierno, con un total de entre 800 y 1.000 mm anuales.

Respecto a la ubicación de la toma de muestra, la sonda se encuentra situada a aproximadamente 3,5 metros de altura sobre el nivel del suelo y 0,8 m respecto de la pared. Respecto al centro de la acera, el punto se encuentra a 6 m de distancia. Por calle Zeballos donde se encuentra ubicada la sonda de muestreo, durante la hora pico circulan alrededor de 700 vehículos motorizados por hora (autos, motos, camiones, etc). En la figura 2 se indica en el mapa la ubicación del sitio de monitoreo.

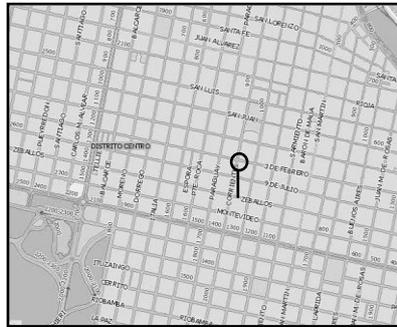


Figura 2. Ubicación del punto de monitoreo.

3. Resultados

Tal como se indicó en el ítem “2- Metodologías” acerca de los inconvenientes con la primera técnica de monitoreo empleada durante el año 2016, se adoptarán para el análisis los resultados obtenidos con la segunda técnica empleada. De esa manera, el periodo de monitoreo fue desde el 02-12-2016 al 01-11-2018, interrumpiendo solo durante los recesos de actividades educativas. Durante este período se realizaron un total de sesenta y cinco muestras en paralelo para los oxidantes totales y para los NO_x , siendo este el tamaño de la muestra que se somete a estudio (Dupuy et al. (2019)).

Con los resultados obtenidos, con objeto de evaluar el estado del sitio de muestreo, se compararon las concentraciones de oxidantes totales y NO_x respecto de los niveles guías de calidad del aire adoptando como norma de referencia la Resolución N° 0201/04 de la Provincia de Santa Fe (2004), puesto que establece valores de referencia para periodos de muestreo de una hora (tiempo de muestreo adoptado en este estudio), mientras que la Ordenanza N° 5820/94 de la Ciudad de Rosario (1994) lo establece para 20 minutos y 24 horas. El nivel guía en calidad de aire que fija la resolución citada para los oxidantes totales expresados como ozono (O_3) es de $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

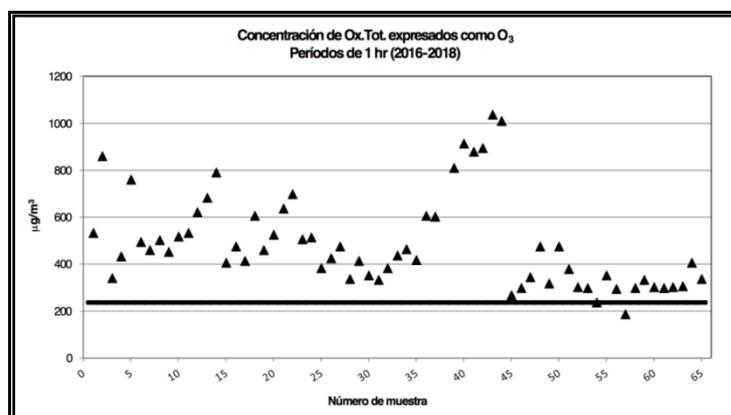


Figura 3. Concentración de oxidantes totales expresados como O₃.

Para los NO_x, tanto la Resolución N° 0201/04 de la Provincia de Santa Fe como la Ordenanza N° 5820/94 de la Ciudad de Rosario establecen como nivel guía para 20 minutos un valor de 400 µg/m³ y para 24 horas un valor de 100 µg/m³. Para su comparación se utilizó la referencia para 24 horas.

Para el NO₂, no existen niveles guías ni a nivel municipal ni a nivel provincial.

Al comparar los resultados obtenidos con los niveles guías mencionados, se pudo observar, como muestra la Figura 3, que los resultados obtenidos para oxidantes totales superaron el nivel guía para la mayoría de las mediciones y se correspondió con 98 % de las mediciones bajo estudio.

Por otro lado, para los NO_x, se pudo observar que los niveles de medidos superaron el nivel guía para la mayoría de las mediciones y se correspondió con 83 % de las mediciones bajo estudio, como puede observarse en la Figura 4:

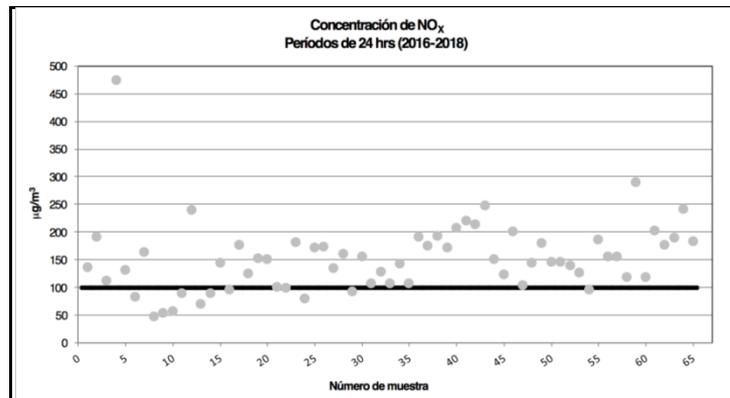


Figura 4. Concentración de NO_x.

Luego, se decidió comparar los valores NO₂ con los de oxidantes totales, para encontrar una relación útil entre ambos que permita estimar las concentraciones de uno de ellos en función de las concentraciones del otro. Para analizar la existencia de alguna relación entre ellos, se adoptaron los valores de oxidantes totales y de NO_x para periodos de 1 hora.

Debido a que el periodo de monitoreo para los NO_x fue de 24 hrs, se debió transformar la concentración de NO_x a NO₂ a un periodo de 1 hora, empleado la ecuación sugerida por EPA (1992):

$$C_{24} = F \times C_1 \tag{3}$$

Siendo:

- C₂₄: concentración para un periodo de 24 horas,
- C₁: concentración para un periodo de 1 hora,
- F: factor igual a 0,4 (+/-0,2).

Antes de convertir las concentraciones de NO_x en NO₂, en la Figura 5 se pudo observar que el promedio de las concentraciones de las mediciones realizadas de oxidantes totales superó al de NO_x, siendo ambos valores de 495 µg/m³ y 385 µg/m³ respectivamente. Al comparar ambos resultados, se observó que en promedio los valores de oxidantes totales superaron a los de NO_x en el 65% de los casos.

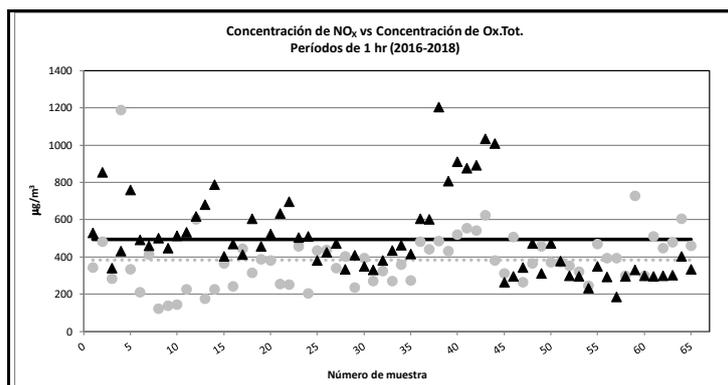


Figura 5. Concentraciones de NO_x vs oxidantes totales.

Finalmente y para comparar las concentraciones de NO₂ con los valores de oxidantes totales, se convirtieron los valores de NO_x a NO₂ empleando el factor desarrollado oportunamente en el G.E.S.E. U.T.N. F.R.Ro., por Andrés et al. (2011):

$$C_{NO_2} = C_{NO_x} / F \quad (4)$$

Siendo:

- C_{NO₂}: concentración de NO₂,
- C_{NO_x}: concentración de NO_x,
- F: factor igual 2,33.

En la Figura 6 se pudo observar que el promedio de las concentraciones de las mediciones realizadas de oxidantes totales superó al de NO₂, siendo ambos valores de 495 µg/m³ y 165 µg/m³ respectivamente. Esto era de esperarse puesto que los NO₂ son una fracción de los oxidantes totales.

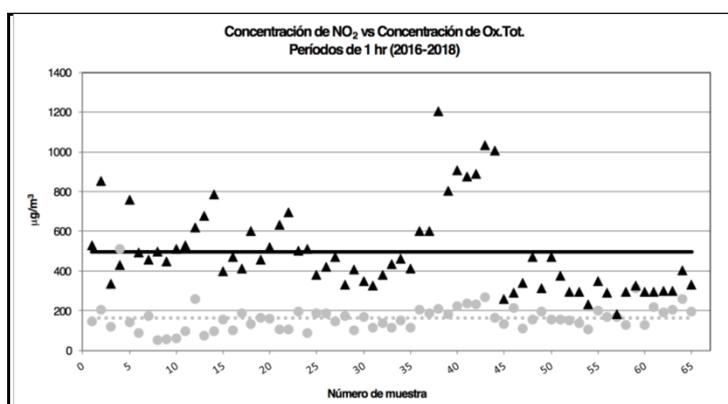


Figura 6. Concentraciones de NO₂ vs oxidantes totales.

Para buscar una relación acerca de qué fracción de los oxidantes totales corresponde al NO₂, se realizó el promedio del cociente entre las concentraciones de ambos contaminantes. El análisis arrojó que, en promedio, y bajo las condiciones del monitoreo, el cociente entre la concentración de oxidantes totales y de NO₂ fue de 3,5. De ello se estima que el NO₂ presente en el aire representa alrededor del 30% de todos los oxidantes totales existentes.

Con dicho resultado, se puede suponer que existen otros compuestos oxidantes y sería conveniente profundizar el análisis en ellos para saber con mayor precisión el perfil de contaminación del aire en el sitio de muestreo.

4. Discusión

Como nunca se había tenido éxito en monitorear oxidantes totales (O_3) en la ciudad de Rosario, se decidió retomar los trabajos y realizar este estudio. Primero se optó por emplear la norma ASTM pero no se logró obtener los resultados deseados. Se decidió, entonces, emplear un segundo método de análisis tomado de la EPA pudiendo obtener los resultados esperados. Quedó demostrada de esta manera la eficacia, practicidad y confiabilidad de la segunda metodología aplicada la cual fue adoptada en los monitoreos sucesivos.

Entre el uso de ambos métodos se logró también desarrollar un nuevo diseño de impactador.

Respecto a la comparación con los valores guías, durante el estudio, se observó mayoritariamente un valor de oxidantes totales por encima del nivel guía regulado, lo que motiva a realizar estudios futuros para poder validarlo y en los cuales se deberían considerar las variables que podrían influir en dichos valores, como ser la densidad de flujo y tipo de vehículos, las variables meteorológicas, la cantidad y tipo de árboles en el sitio, entre otras.

Finalmente, se decidió estudiar qué porcentaje de oxidantes totales corresponde a NO_2 . Se encontró una correlación existente entre las concentraciones de oxidantes totales y los NO_2 determinándose que, en promedio, el NO_2 representa aproximadamente el 30% de los oxidantes totales que existen en el sitio monitoreado.

Ello llevó al desarrollo de un factor que podría aproximar el valor de la concentración de un contaminante en función del otro de la siguiente manera:

$$C_{NO_2} = C_{Ox.Tot.}/3,5 \quad (5)$$

Dicha relación podrá utilizarse para evaluar estados de contaminación por oxidantes totales, aplicados a concentraciones de NO_2 determinadas en el aire urbano de la ciudad de Rosario, aprovechando que en la actualidad se monitorea el NO_2 en veinticinco sitios dentro de la misma, según lo mencionado por Andrés et al. (2017).

5. Conclusiones

Con dicho estudio se pudo determinar el nivel de oxidantes totales existentes en el sitio testigo seleccionado para el monitoreo. Esto permitió ampliar la base de datos del G.E.S.E. U.T.N. F.R.Ro. incluyendo un contaminante adicional que hasta los comienzos de este proyecto no se había podido realizar.

El ensayo de dos metodologías analíticas permitió obtener una metodología mejorada realizable en nuestros laboratorios lo que permite seguir utilizándola en futuros monitoreos.

El diseño del impactador mejorado, además de haber presentado buenas prestaciones para este monitoreo, por sus características permitirá estandarizar el equipamiento, permitiendo así disminuir la variedad y cantidad, lo que origina una disminución de costos.

El desarrollo del factor de conversión mencionado en este documento permitirá estimar los niveles de oxidantes totales a los 25 puntos de monitoreo de NO_2 dentro de la ciudad de Rosario y evaluar así distintos grados de afectación dentro de la misma.

Ello se podría emplear, por ejemplo, para proponer medidas de mitigación en aquellos sitios que se observen niveles por encima de los regulados por la normativa vigente. También, ello podría llevar a incrementar la intensidad de vigilancia en dichas áreas.

6. Reconocimiento

Sobre la base del aporte al trabajo final presentado, se desea reconocer a los Ingenieros Andrés, Ferrero, Mackler, Ferrari y Dupuy.

7. Bibliografía

Andrés, D. A., Dupuy, M. A., Ferrari, L. C., Ferrero, E. J., Mackler, C. E. (2017). "Criterios validados de selección de sitios de monitoreo de calidad de aire basados en la influencia de las variables morfológicas y de actividad de un sitio". Revista: Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISSN 0328-2937. Edición n° 132.

Andrés, D. A., Bordino, M. C., Dupuy, M. A., Ferrari, L. C., Ferrero, E. J., Mackler, C. E. (2011). "Desarrollo de un factor de conversión para estimar la concentración de NO_x por metodología pasiva". Revista: Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISSN 0328-2937. Edición n° 115.

Andrés, D. A., Dupuy, M. A., Ferrari, L. C., Ferrero, E. J., Mackler, C. E. (2018). "Oxidantes totales en un sitio testigo de la ciudad de Rosario". Revista: Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISSN 0328-2937. Edición n° 133.

ASTM International (1996). ASTM D 2912-76. "Método de Prueba para el Contenido de Oxidantes en la Atmósfera (KI neutro)".

Dupuy, M. A., Ferrari, L. C., Ferrero, E. J., Mackler, C. E. (2019). "Relación entre los oxidantes totales y los óxidos de nitrógeno en el aire de la ciudad de Rosario". Enviada y aceptada para publicación en el año 2019 a la Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ISSN 0328-2937.

Ordenanza N° 5820/94 de la Ciudad de Rosario (1994). Rosario, Argentina.

Organización Mundial de la Salud (2000). Capítulo 7.2: "Ozone and other photochemical oxidants". En: "WHO air quality guidelines for Europe". 2° edición. Copenhague, Dinamarca: OMS.

Resolución N° 0201/04 de la Provincia de Santa Fe (2004). Santa Fe, Argentina.

Seager, S. L., Stocker, H. S. (1981). "Química ambiental. Contaminación del aire y del agua". Barcelona, España: Ed. Blume.

U.S. Environmental Protection Agency (1992). Apéndice D: "Averaging Period Concentration Estimates". En: "EPA-454/R-92-024. Workbook of screening techniques for assessing impacts of toxic air pollutants (revised)". Durham, Carolina del Norte, EE.UU.: EPA.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (1977). Registro federal: Vol. 42, página 62971. En: "EPA, método equivalente EQN-1277-026. Sodium arsenite method for the determination of nitrogen dioxide in the atmosphere". Durham, Carolina del Norte, EE.UU.: EPA.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (ex- U.S. Department of Health, Education and Welfare - Division of air pollution) (1965). Página E-1: "Determination of oxidants (including ozone): Alkaline potassium iodide method". En: "Selected methods for the measurement of air pollutants". Cincinnati, Ohio, EE.UU.: EPA.