

IMPORTANCIA DE LA COMBINACION DE EQUIPOS ACTIVOS Y PASIVOS DE MONITOREO EN SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA URBANA

AUTORES

Ing. Daniel Antonio Andrés. Grupo G.E.S.E., U.T.N., Facultad Regional Rosario
Ing. Eduardo Joaquín Ferrero. Grupo G.E.S.E., U.T.N., Facultad Regional Rosario
Ing. César Eliecer Mackler. Grupo G.E.S.E., U.T.N., Facultad Regional Rosario

RESUMEN

El presente trabajo pretende mostrar los distintos tipos de sistemas de monitoreo de contaminantes en aire, poniendo especial atención en las tecnologías de tipo activo y pasivo para la medición de óxidos de nitrógeno, dada la importancia de estos últimos en la polución atmosférica de las grandes ciudades.

Se detallan las mediciones de óxidos de nitrógeno realizadas por el Grupo G.E.S.E. de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario sobre la atmósfera de la Ciudad de Rosario. Se realiza el análisis de resultados, la comparación de las concentraciones obtenidas por ambos métodos y la evolución de las mismas.

Las conclusiones del trabajo reflejan dos puntos principales:

* La importancia de contar con un sistema de vigilancia de la calidad del aire, en especial de óxidos de nitrógeno, que combine las metodologías activas y pasivas de medición.

* La preocupante contaminación por óxidos de nitrógeno que presenta actualmente la Ciudad de Rosario.

INTRODUCCION

El conocimiento de las concentraciones de gases contaminantes en la atmósfera es de significativa importancia en la evaluación del estado de la calidad del aire de una comunidad.

Existen diversas metodologías para la medición de una sustancia gaseosa en aire, entre ellas, las mas importantes son las siguientes (GEMS/AIR 1994):

- *sistemas pasivos de monitoreo*
- *sistemas activos de monitoreo*
- *sistemas de monitoreo automáticos*
- *sensores remotos*
- *bioindicadores*

Sistemas Pasivos de Monitoreo

Estos sistemas se basan en la absorción sobre un sustrato específico que retenga al contaminante que se quiere analizar. Dicho contaminante llega al sustrato por medio de la difusión molecular a través del aire. Luego de la exposición, las muestras son llevadas al laboratorio donde se desorbe el contaminante y se lo analiza cuantitativamente.

Los muestreadores pasivos tienen un costo inicial muy bajo. Son sistemas simples ,sobre todo en la toma de muestra y el análisis en el laboratorio no necesita de personal altamente capacitado.

Debido a su bajo costo inicial, pueden instalarse muchos sistemas de monitoreo de este tipo, pudiéndose obtener una importante información sobre la distribución espacial y geográfica del contaminante.

Sistemas Activos de Monitoreo

Los sistemas activos de monitoreo se basan en el pasaje forzado del aire , mediante una bomba de aspiración, a través de un reactivo químico específico o de un medio físico de colección. La muestra así obtenida es llevada luego a un laboratorio donde se realiza el análisis cuantitativo de la misma. El volumen de aire muestra es superior al de los sistemas pasivos, por tanto la sensibilidad del método es mayor, ***pudiéndose obtener promedios diarios de concentraciones de contaminantes.***

Analizadores Automáticos

Los sistemas automáticos de análisis de aire utilizan alguna propiedad física o química del contaminante, que puede ser detectado y cuantificado en forma continua, generalmente por métodos óptico-electrónicos. La muestra de aire entra a una cámara de reacción donde alguna propiedad óptica del contaminante puede ser medida en forma directa o puede producirse una reacción química que produzca luz fluorescente o quimiluminiscente. Una fotocélula detecta luego la luz que le llega, produciendo una señal electrónica que es proporcional a la concentración del contaminante.

Sensores Remotos

Los equipos de análisis automático proveen mediciones de un contaminante específico en un punto determinado del espacio. Los Sensores Remotos pueden proveer una medición integrada de multicomponentes a lo largo de un espacio especificado (normalmente superior a 100 metros).

Bioindicadores

Además de los cuatro sistemas de monitoreo de aire que se han descrito, existe un quinto sistema por el cual se está mostrando mucho interés en los últimos años, y es la utilización de Bioindicadores.

El término "Biomonitoreo" (que para aire generalmente implica el uso de plantas) cubre un extenso rango de sistemas de muestreo y análisis con muy diferente grado de sofisticación y desarrollo. Los métodos de biomonitoreo se basan en la acción que produce el contaminante a estudiar sobre algún ser vivo susceptible al mismo.

----- * -----

De las metodologías mencionadas, las que requieren de menores costos, tanto de instalación como de operatividad, mantenimiento y análisis, son las técnicas "pasivas". Dichas técnicas no requieren de suministro energético ya que actúan por difusión natural de los gases investigados; el equipamiento está constituido por simples tubos de acrílico cerrados en uno de sus extremos, por lo que su costo es bajo. La rutina de recambio de muestras y análisis de las mismas en laboratorio es más espaciada en el tiempo que la correspondiente a los sistemas de tipo activo, ya que los primeros requieren períodos mas largos de toma de muestra a los efectos de recoger cantidades detectables del gas que se desea medir, por lo tanto el costo de personal y drogas analíticas para estos trabajos disminuye considerablemente respecto a los otros sistemas.

Contaminación Atmosférica Urbana

Aproximadamente un 90% de la contaminación de una ciudad no industrial proviene de los gases de combustión de los automotores. Los óxidos de nitrógeno están siempre presentes en cualquier tipo de combustión, independientemente del combustible utilizado (nafta, gasoil, GNC, leña, carbón) por lo tanto pueden ser tomados como indicativos del grado de contaminación atmosférica urbana. (Andrés et al., 1997).

Oxidos de Nitrógeno

La combustión es la principal fuente antrópica de óxidos de nitrógeno. A las elevadas temperaturas en que se produce la misma, el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan para formar óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2). Las cantidades relativas producidas dependen de la temperatura de combustión y de la proporción presente de nitrógeno y oxígeno. El NO_2 se forma siempre en la cantidad más reducida, que es inferior al 10% de los óxidos de nitrógeno totales generados. Sin embargo la concentración atmosférica media de NO es sólo 1,5 veces mayor que la de NO_2 debido a las reacciones fotoquímicas que se dan entre estos compuestos, el oxígeno y los hidrocarburos presentes en el aire. Estas reacciones son de tal importancia, que en los centros urbanos -donde la emisión de los gases de combustión procedentes de los automotores es muy significativa- se llega a concentraciones de NO_2 superiores a las de NO.

La contaminación del aire por óxidos de nitrógeno, sólo se considera por lo general en términos de NO y NO_2 , a pesar de la presencia en la atmósfera de cantidades significativas de óxido nitroso (N_2O). Los motivos son los siguientes:

- 1- El NO y el NO₂ son tóxicos, mientras que el N₂O no lo es.
- 2- El NO y el NO₂ intervienen en las reacciones fotoquímicas, pero el N₂O no.
- 3- El NO y el NO₂ presentan fuentes antrópicas importantes, mientras que el N₂O no.

Se utiliza generalmente la notación NO_x para representar colectivamente al NO y al NO₂ implicados en la contaminación del aire.

Efectos Nocivos de los NO_x

Tanto el NO como el NO₂ son potencialmente peligrosos para la salud. Los estudios de mortalidad animal indican que el NO₂ es aproximadamente cuatro veces más tóxico que el NO. A las concentraciones en que se lo halla en la atmósfera, el NO no es irritante y no se lo considera como un peligro para la salud. La mayor capacidad tóxica que presenta, es su capacidad de oxidarse y convertirse en NO₂, que es el más nocivo.

Los efectos demostrados del NO₂ sobre animales y seres humanos están confinados casi exclusivamente al tracto respiratorio; irritación nasal y bronquial, agudización de cuadros en asmáticos de corta edad. Un estudio de la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud), demostró que un incremento de 30 µg/m³ (microgramos por metro cúbico) de NO_x en las concentraciones habituales causa un aumento del 20% en las enfermedades respiratorias de los niños.

Se destaca la acción indirecta del NO₂ mediante producción de otros contaminantes por efecto fotoquímico, los cuales pueden llegar a ser más tóxicos que el propio NO₂. Por ejemplo el ozono y los PAN pueden producir inflamación pulmonar, irritación visual, disminución de la capacidad respiratoria y menor resistencia a las infecciones pulmonares.

TRABAJO REALIZADO EN LA CIUDAD DE ROSARIO

La Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, mediante su Grupo de Estudios de Energía y Medio Ambiente (G.E.S.E.) se encuentra midiendo diversos contaminantes en la Ciudad de Rosario, por intermedio de metodologías de tipo activo y a partir del mes de setiembre de 1997 ha incorporado la medición de NO₂ por tecnologías de tipo pasivo.

El muestreador pasivo de tubo de difusión o tubo PALMES, es un pequeño tubo con un extremo cerrado, en donde van colocadas dos mallas de acero inoxidable, conteniendo entre ambas una pequeña cantidad de solución de Trietanolamina. Luego de la exposición al aire ambiente, los tubos son analizados en laboratorio, con adición de Sulfanilamida y NEDA (N-1naftil etilendiamina diclorhidrato), mediante espectrofotometría.

Zona de Estudio

Pretendiendo, mediante el trabajo realizado, comprobar la eficacia del sistema pasivo de medición de NO₂, se eligió como punto de muestreo, una estación de monitoreo que era ya utilizada por la Universidad, ubicada en la zona céntrica de la Ciudad de Rosario (Calle Tucumán en intersección con calle Corrientes). Dicha zona se caracteriza por un significativo tránsito vehicular (pero no es de las de mayor circulación) y edificación de altura (propiedad horizontal), ambos factores que favorecen la emisión y acumulación de los contaminantes gaseosos respectivamente.

Durante los años en los cuales se determinaron concentraciones diarias de NO_x en dicho punto, las mismas fueron siempre altas y generalmente superiores a los límites fijados por las normas nacionales e internacionales e incluso por las ordenanzas municipales de la Ciudad de Rosario (Andrés et al, 1997)

MONITOREO DEL AIRE.

Resultados y Discusión

Promedios Mensuales de Concentraciones de NO₂

Se procedió a la toma de muestras en el punto seleccionado a partir del día 17 de setiembre de 1997, finalizando con el monitoreo el día 11 de junio de 1998. Se recolectaron las muestras en forma mensual, obteniéndose 9 períodos de medición.

Las concentraciones encontradas en cada uno de los períodos muestreados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Período	Concentración (µg/m ³)
octubre 97	54,7
noviembre 97	32,2
diciembre 97	28,8
enero 98	33,7
febrero 98	47,4
marzo 98	42,5
abril 98	52,3
mayo 98	67,3
junio 98	80,8

La curva de evolución de las concentraciones puede verse en el Gráfico 1.

Concentraciones de NO₂ - Ciudad de Rosario

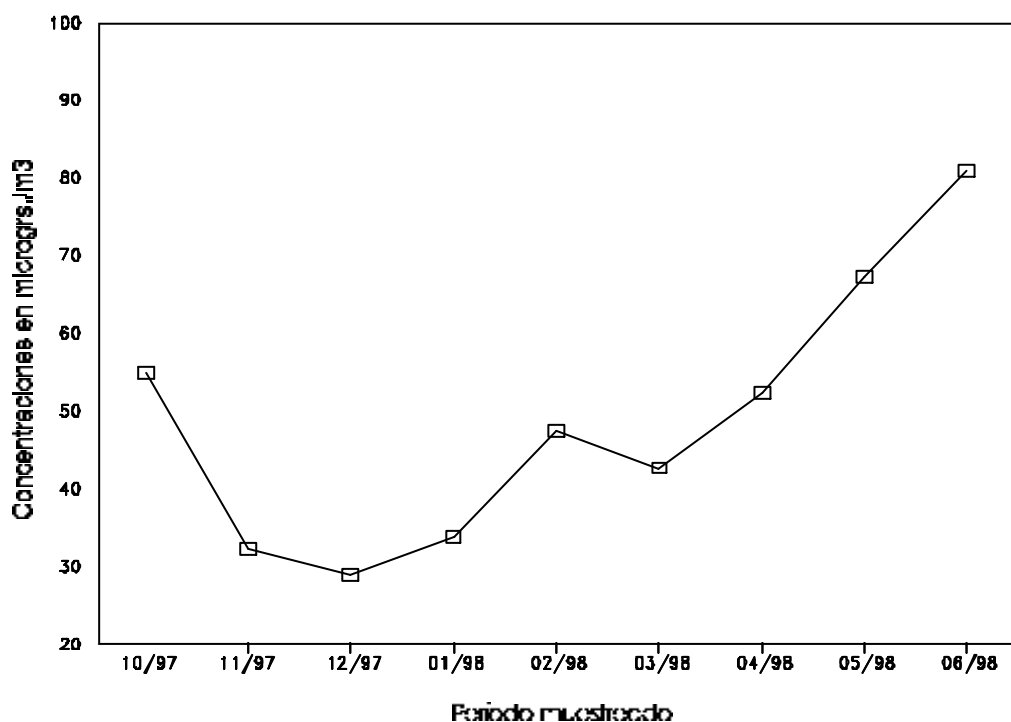


Gráfico 1

Los valores medidos mensualmente para el punto de muestreo variaron entre 28,8 y 80,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de concentraciones del período muestreado fue de 48,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los valores medidos son significativamente superiores a los determinados durante el mismo período en la Ciudad de Roldán, urbanización de tipo residencial distante 30 Km de la ciudad de Rosario. Los valores tomados en cuatro puntos de la Ciudad de Roldán en ningún caso superaron los 26,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor determinado en la zona de mayor flujo vehicular de esta última ciudad).

Es de destacar que las concentraciones medidas coinciden con las encontradas en el Reino Unido, en donde los registros varían en áreas urbanas entre 26,7 y 53,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con valores entre 61,6 y 139,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo de carreteras de gran flujo vehicular (Williams et al. 1988; Hewitt, 1991)

COMPARACION DE SISTEMAS ACTIVOS Y PASIVOS

Con el fin de determinar el grado de acercamiento de los valores determinados por ambas metodologías se realizó un muestreo en paralelo mediante dos equipos de tipo activo y dos de tipo pasivo.

Mediante los dos sistemas activos instalados se determinaron las concentraciones promedio diarias de óxidos de nitrógeno totales (NOx) y de dióxido de nitrógeno (NO₂). Este último a los fines de comparar con el valor obtenido por la técnica de tipo pasivo; el primero para observar la evolución de los NOx durante el período de estudio y comparar los valores obtenidos con los fijados por las ordenanzas municipales y normas nacionales e internacionales. El método activo de determinación seleccionado fue el de Jacobs Hochheiser Modificado o Método del Arsenito (Warner P., 1980)

Se colocaron en el mismo punto dos tubos Palmes para determinar la concentración promedio de NO₂ del período de medición que fue desde el día 30 de abril al 14 de mayo de 1998.

Las concentraciones determinadas por los equipos activos se pueden ver en la Tabla 2.

Tabla 2

período muestreado	NO ₂ (*)	NOx (*)
30-04 al 02-05	49,3	106,5
02-05 al 04-05	79,6	143,4
04-05 al 05-05	80,6	123,2
05-05 al 06-05	48,1	110,6
06-05 al 07-05	51,9	108,8
07-05 al 08-05	49,2	118,7
08-05 al 09-05	52,1	112,8
09-05 al 11-05	68,6	152,3
11-05 al 12-05	110,3	162,5
12-05 al 13-05	97,8	169,7
13-05 al 14-05	74,7	147,9

(*) Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, como NO₂)

La evolución de las concentraciones durante este período puede observarse en el Gráfico 2.

Debe notarse que todos los valores de NOx determinados superan el valor límite admitido por las ordenanzas municipales y las normas nacionales e internacionales. Dicho

límite está establecido en $100\mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo dicho concuerda con los análisis que el Grupo G.E.S.E. está realizando desde 1994, en donde en la mayoría de los ensayos practicados en las estaciones de monitoreo ubicadas en la zona céntrica, las concentraciones de NO_x superaban el límite de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Andrés et al., 1997).

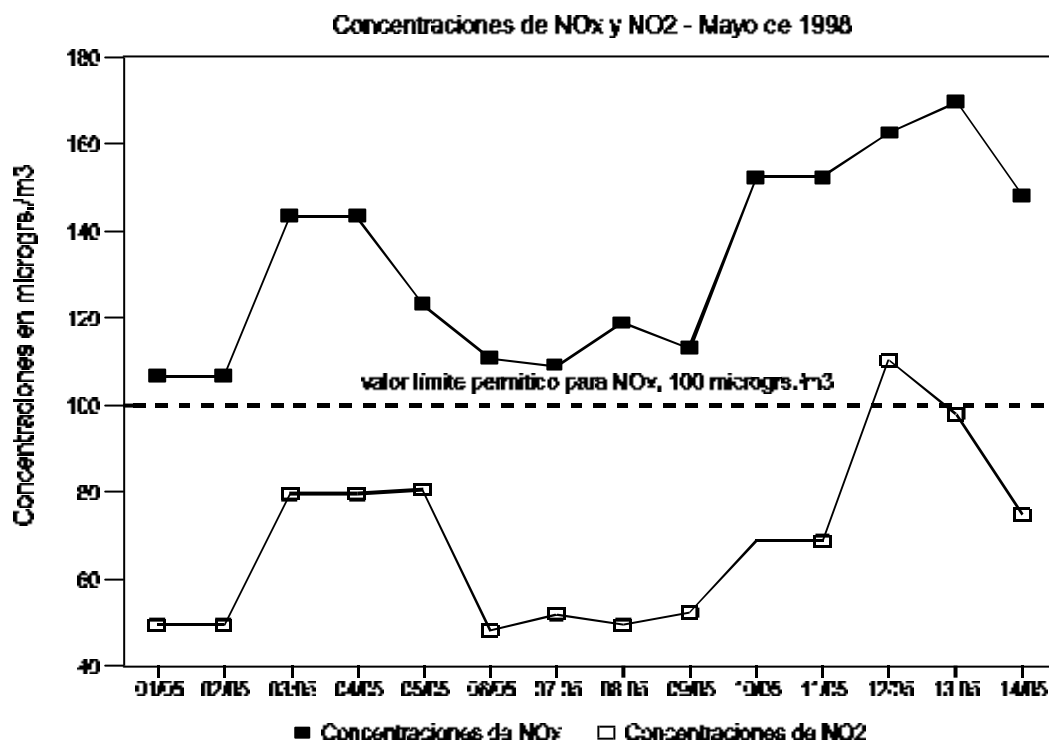


Gráfico 2

Respecto de la comparación de ambos sistemas, los equipos pasivos de muestreo arrojaron los siguientes valores de concentraciones de NO_2 :

Muestreador n° 1:	65,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Muestreador n° 2:	69,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valor promedio :	67,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Como puede observarse la desviación entre ambos valores es muy pequeña (5,50 %)

El valor promedio de NO_2 obtenido de los datos de concentración mediante "equipos activos", arrojó el valor de : **69,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Dicho número resulta del cálculo de la masa total de NO_2 y del volumen total de aire muestreado durante el período y no del promedio de concentraciones.

Por lo tanto, las concentraciones de NO_2 obtenidas fueron las siguientes:

Mediante Sistema Activo: 69,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mediante Sistema Pasivo: 67,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Puede verse una mínima desviación entre los valores obtenidos por uno y otro método (2,9 %), con lo cual los valores obtenidos por ambos tipos de equipos resultaran absolutamente compatibles en caso de implementarse un sistema combinado de vigilancia de la calidad del aire.

CONCLUSIONES

1) Los resultados obtenidos de las mediciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) con los métodos Pasivos y Activos, permiten ser optimistas para el establecimiento de un futuro sistema de vigilancia de la contaminación del aire combinando ambos métodos, con el consiguiente ahorro económico y la posibilidad de extender las mediciones a todo el territorio de la ciudad de Rosario y zona de influencia.

2) Los valores de óxidos de nitrógeno (NO_x) encontrados en el aire de la ciudad, muestran un preocupante nivel, por encima de los valores permitidos tanto por las Ordenanzas Municipales de Rosario como los establecidos en las normas internacionales, sobre todo teniendo en cuenta el perjuicio que esta contaminación ocasiona a la salud de los habitantes de la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

Stocker H. S. y L. S. Seager, Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua. Editorial Blume, Barcelona - SP (1981).

United Nations Environmental Program and World Health Organization (UNEP-WHO). Global Environmental Monitoring System - Air Methodology Reviews Vol. 1: Assurance in Air Quality Monitoring, 1ra. edición. UNEP, Nairobi - KN (1994).

United Nations Environmental Program and World Health Organization (UNEP-WHO). Global Environmental Monitoring System - Air Methodology Reviews Vol. 2: Active and Pasive Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality, 1ra edición. UNEP, Nairobi - KN (1994).

United State Environmen Protection Agency (USEPA), Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Sitems. Vol. 2: Ambient Air Specific. Methods. EPA, Cincinnati - EEUU (1993).

Warner, P.O., Análisis de los Contaminantes del Aire, 2da edición. Editorial Paraninfo, Madrid - SP (1981).

Shooter D., Brimblecombe P. y Brasell M.R. Ground Level Nitrogen Dioxide Concentrations in the Rural Waikato Valley, New Zealand. Report University of Auckland, New Zealand (1991).

Campbell G.W. Measurement of Nitrogen Dioxide at Rural Sites in the United Kingdom Using Difussion Tubes. Environment Pollution 55. 251-270 (1988)

Shooter D., Brimblecombe P. y Gair A.J. The Difussion Tube Measurment of Nitrogen Dioxide in the Upper Waikato Valley, New Zealand .Report University of Auckland, New Zealand (1990).

Hewit C.N. Spatial Variations in Nitrogen Dioxide Concentrations in an Urban Area" Atmospheric Environment 25B, 429-434 (1991).

Williams M.L., Broughton G.F., Bower J.S., Drury V.L., Lilley K., Powell K., Rogers F.S. y Stevenson K.J. Ambient NOx Concentrations in the U.K. 1976-1984 - A Summary". Atmospheric Environment 22, 2819-2840 (1988).

Andrés D., Ferrero E. y Mackler C. "Descriptive Analysis of the Pollution by Nitrogen Oxides in Rosario City". Beijing. CHINA. Energex '96. (1996)

Andrés D., Ferrero E. y Mackler C.. (1997). "Monitoreo de Contaminantes del Aire en la Ciudad de Rosario". Revista Internacional Información Tecnológica. Vol. 8, Nº6. 1997.