

MONITOREO DE CONTAMINANTES DEL AIRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO

PALABRAS CLAVE:

POLUCION AMBIENTAL
MONITOREO AIRE ROSARIO

RESUMEN

En este artículo se presenta un estudio de la calidad del aire en la ciudad de Rosario, Argentina. Se detallan las concentraciones de Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre y Oxidos de Nitrógeno que se obtuvieron mediante la operación de cuatro estaciones de monitoreo, ubicadas en distintas zonas de la ciudad.

Los resultados reflejan la existencia de bajas concentraciones de estos contaminantes en zonas suburbanas y altas concentraciones en zonas cercanas al centro comercial, motivado por una mayor circulación de automotores en estas últimas. También muestran una tendencia creciente para los Oxidos de Nitrógeno en 1995 respecto a 1994, acompañado por un crecimiento en la cantidad de Monóxido de Carbono. Por último, se demostró la ausencia de valores significativos de Dióxido de Azufre.

AUTORES

Ing. Daniel A. Andrés, Ing. Eduardo J. Ferrero, Ing. César E. Mackler: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rosario. E. Zeballos 1341. (2000) Rosario. Tel/Fax 54 41 484909.

MONITORING OF AIR POLLUTANTS IN ROSARIO CITY

KEY WORDS:

ENVIRONMENTAL POLLUTION
ROSARIO AIR MONITORING

ABSTRACT

This article presents a study about the air quality in the city of Rosario, Argentina. Carbon monoxide, sulphur dioxide and nitrogen oxides concentrations were obtained by means of the operation of four monitoring stations placed in different areas of the city.

First, the results show the existance of low concentration of these pollutants in suburban areas and high concentrations in areas near downtown, due to a higher traffic flow. Second, they also show an increasing tendency in nitrogen oxides with a carbon monoxide growing quantity in 1995 with respect to 1994. Finally, they also evidence the absence significant values of sulphur dioxide.

INTRODUCCION

Entre los diversos problemas ambientales causados por la intervención del hombre sobre la naturaleza, uno de los más significativos y extendidos a lo largo de todo el planeta, es la contaminación atmosférica.

Actualmente más del 90 % de la contaminación atmosférica se debe a una pequeña cantidad de contaminantes, denominados primarios y producidos fundamentalmente por el consumo de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón (Stocker y Seager, 1981). A su vez más del 50 % de toda la contaminación atmosférica se debe al uso de combustibles para el transporte automotor (Stocker y Seager, 1981).

Los contaminantes considerados primarios son (Stocker y Seager, 1981):

Monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO₂ y SO₃), óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), hidrocarburos (HC), material particulado (PM)

La contaminación del aire no sería tan grave, si se emitiera uniformemente sobre toda la superficie terrestre, pero esto no es así. Grandes volúmenes de contaminantes se vuelcan en ámbitos reducidos (área ciudadana), y atento a que el tiempo necesario para su dispersión es significativo, se promueven altas concentraciones en el ambiente que respiran millones de personas que pueblan esos conglomerados. Por lo tanto los automotores si bien son un símbolo de un mejor nivel de vida, paradójicamente contribuyen a minar la salud de quienes los utilizan y a disminuir la calidad de vida.

Al hacer un análisis general de la contaminación atmosférica, es importante mencionar por lo menos algunos efectos negativos que presentan cada uno de los contaminantes primarios:

Monóxido de Carbono

Esta sustancia impide el transporte normal de oxígeno en la sangre. En función de la cantidad presente en el aire y del tiempo de exposición, causa desde pérdida de precisión visual y auditiva, pasando por dolores de cabeza, somnolencia hasta, en casos extremos, la agudización de enfermedades cardiovasculares.

Oxidos de Azufre

Los óxidos de azufre causan generalmente problemas en la zona superior del sistema respiratorio, tales como constricciones bronquiales e irritación de ojos y garganta. El mayor perjuicio lo causan cuando junto con la humedad y material particulado existentes en el aire forman nieblas de ácidos sulfúrico y sulfuroso (neblinas y lluvias ácidas).

Oxidos de Nitrógeno

Estos producen trastornos respiratorios en las personas sensibles, como los asmáticos y niños de corta edad. Según un extenso estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud, el riesgo de las enfermedades respiratorias en niños aumenta un 20 % cuando se exponen a un incremento de 30 mg/m³ sobre las condiciones normales durante varias semanas (Bower y Broughton, 1991).

Hidrocarburos

Estos compuestos tienen variados efectos sobre el ser humano debido a que existe una extensa cantidad de estos en las atmósferas urbanas. Los más peligrosos por su toxicidad y efectos cancerígenos son los hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etc.).

Material Particulado

Los materiales particulados producen daños al tracto respiratorio. Además, potencian los efectos de los otros contaminantes gaseosos.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Para investigar la presencia de una sustancia contaminante en la atmósfera existen variadas formas técnicas de monitoreo de aire, cada una con sus ventajas y desventajas en función de sus costos de instalación y mantenimiento, de su operatividad, cantidad de personal y grado de capacitación necesario para el mismo (UNEP WHO, 1994).

Los sistemas de monitoreo de aire utilizados en la actualidad responden a cuatro tipos genéricos a saber:

- I) Muestreadores del tipo pasivo
- II) Muestreadores del tipo activo
- III) Analizadores automáticos
- IV) Sensores remotos

Los sistemas de monitoreo pasivo (Shooter y Brimbecombe, 1993), se basan en la absorción del contaminante sobre un sustrato específico que retenga a la sustancia que se quiere analizar. Luego de la exposición, las muestras son llevadas al laboratorio donde se desorbe la sustancia y se analiza cuantitativamente. Estos muestreadores tienen un costo inicial muy bajo, dependiendo de los sustratos de absorción específicos para cada contaminante. Son sistemas simples, sobre todo en la toma de muestra. Necesitan de un laboratorio químico.

Debido a su bajo costo inicial y operativo, pueden instalarse un número significativo de muestreadores y obtenerse una importante información

sobre la distribución espacial y geográfica del contaminante.

Los sistemas activos de monitoreo (UNEP WHO, 1994), se basan en el pasaje de aire, conducido 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 al laboratorio donde se realiza el análisis cuantitativo. El volumen de aire que se utiliza para la muestra es superior al de los sistemas pasivos, por lo tanto la sensibilidad del método es mayor, pudiéndose obtener promedios horarios o diarios de concentraciones de contaminantes. Estos sistemas son más complejos y tienen costos de instalación, mantenimiento y operación más elevados que los denominados pasivos.

Los sistemas automáticos de análisis de contaminantes del aire, utilizan alguna propiedad física o química del contaminante que puede ser detectado y cuantificado en forma continua, generalmente por métodos optico-electrónicos.

No es discutible la ventaja de los muestreadores de tipo activo o pasivo en cuanto a costos, pero cuando se necesitan mediciones en cortos períodos de tiempo (menos de 1 hora) debe recurrirse a los analizadores automáticos. Lo mismo ocurre con contaminantes de difícil absorción química, como el CO, que no tiene técnicas activas ni pasivas confiables desarrolladas hasta el momento (UNEP-WHO, 1994).

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

Los sistemas más sofisticados de sensores remotos pueden proveer el desarrollo de todas las mediciones a lo largo del espacio que se estudia. El costo de estos equipos es muy superior a los anteriormente comentados.

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.) y un convenio de cooperación firmado con la Municipalidad de la Ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe, instaló cuatro estaciones de monitoreo de contaminantes, seleccionando los habituales y significativos en las atmósferas urbanas de cualquier Ciudad industrial por la que circule intenso tránsito automotor.

Teniendo en cuenta el presupuesto disponible

y la existencia de estudios previos que incluyeron mediciones puntuales con equipos portátiles automáticos de medición de contaminantes en diversos sitios de la ciudad, se determinaron la cantidad y ubicación de las estaciones de monitoreo. Para esta última decisión, se tomaron en cuenta las concentraciones de contaminantes determinadas por los estudios previos y las recomendaciones que da la U.S.E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) para la ubicación geográfica de estaciones de monitoreo (USEPA, 1993), tales como:

a) Tener claros los objetivos de la red, referente a si se aplicará a la búsqueda de un estándar de la calidad del aire, para activar mecanismos de control de emergencias, observar tendencias de contaminación a través de una región o para proveer una base de datos para investigar los efectos.

b) Considerar para la elección del lugar donde ubicar las estaciones, las concentraciones máximas esperadas en el área, las concentraciones representativas en áreas de alta densidad demográfica, el impacto de fuentes significativas sobre los niveles de polución ambiental y el nivel base general de concentración.

c) Determinar el tamaño total del área que es representativa de la calidad del aire.

d) Tener en cuenta los factores climatológicos, geográficos, densidad demográfica.

e) Tener conocimiento de los factores de reacción química de los contaminantes involucrados en la medición.

Atento a estas recomendaciones y siendo el principal objetivo observar tendencias de contaminación, para el caso particular de Rosario se seleccionaron dos lugares en la región céntrica de la ciudad y dos en los suburbios, uno ubicado al Norte y otro al Sur de la ciudad.

La ciudad de Rosario se encuentra ubicada 300 Km al Norte de la ciudad de Buenos Aires, se extiende a orillas del Río Paraná (Ver Fig. 1), recostándose sobre su margen Oeste, ocupando un área de aproximadamente 170 Km². Su forma tiende a elongarse en el sentido Norte-Sur siguiendo la tendencia del conurbano que se prolonga desde Puerto General San Martín, 20 Km. al Norte del límite Municipal, hasta Villa Gobernador Gálvez, 5 Km al Sur, conformando una zona de urbanización global de más de 50 Km de extensión. Este conurbano involucra una línea edilicia continua, con una población global del orden de 1.300.000 habitantes.

La zona pertenece a la planicie de la Pampa Húmeda con las particularidades del clima del Litoral Fluvial, es decir altos tenores de humedad relativa

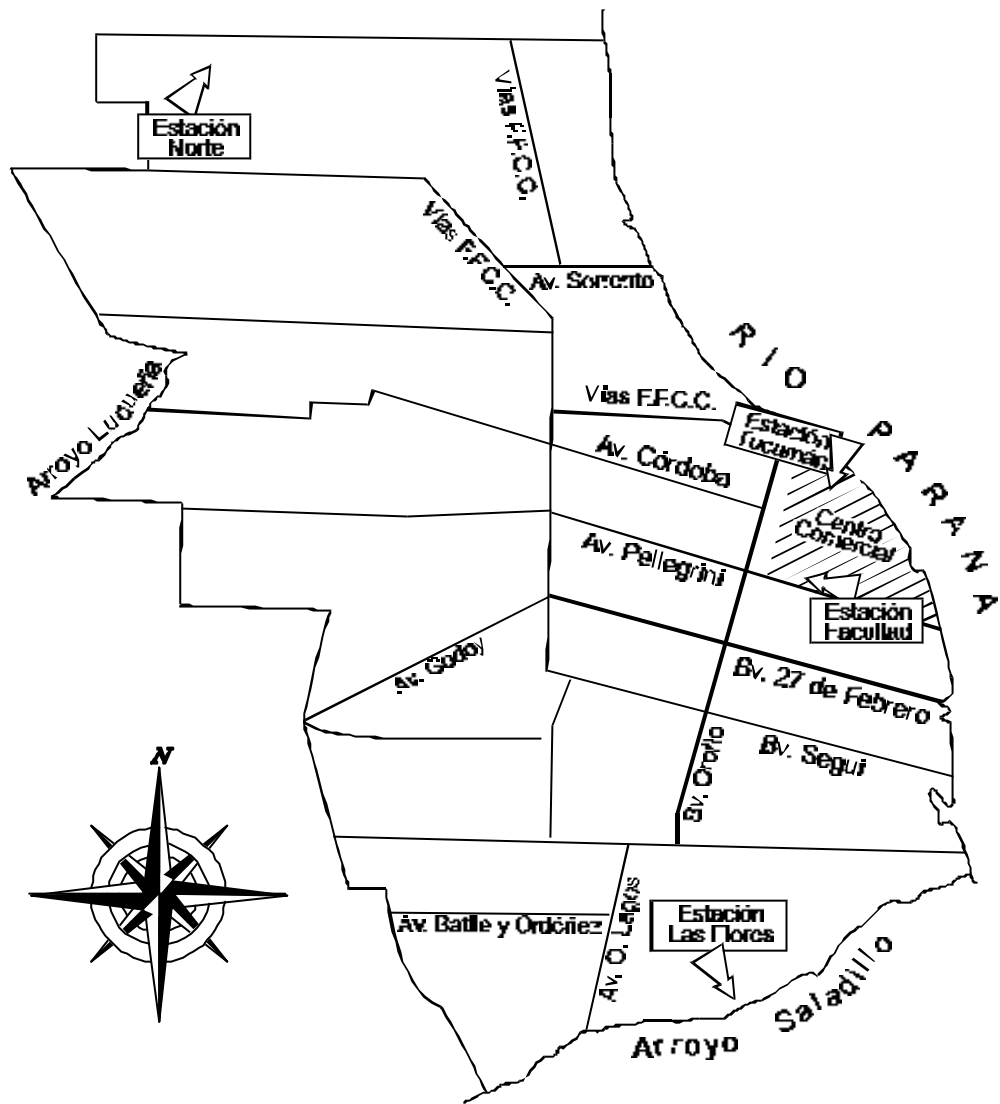


Fig 1. Ubicación de las Estaciones de Muestreo en la Ciudad de

ambiente, temperaturas típicas del área templada y vientos predominantes del Sur. La velocidad promedio anual de los vientos oscila en el orden de los 10 Km/hora.

La cercanía con el Río Paraná conjuntamente con su conformación alargada, le permiten a Rosario poseer una interesante capacidad removedora de su ambiente, permitiendo de alguna manera el desalojo de contaminantes del aire.

Su línea de edificación tiende a concentrar edificios de altura en la zona del centro comercial-administrativo, la que se desarrolló en sus orígenes en las cercanías de su puerto.

Por las características descriptas, la región ciudadana de mayor concentración de contaminantes, coincide con la de mayor flujo vehicular, en las adyacencias del centro comercial. En cuanto a los tipos de contaminantes a medir, también surgieron a partir de estudios previos. Los cuatro contaminantes,

sus métodos de medición y análisis correspondientes se muestran a continuación:

Dióxido de Azufre (SO₂).

Se recoge la muestra por método activo sobre una solución de tetracloromercuriato de potasio, en una corrida de 24 hs. El contaminante recogido se analiza colorimétricamente en el laboratorio por el método de West-Gaeke conocido también como el método de la pararosanilina (Warner, 1981).

El dispositivo empleado se esquematiza en la Fig. 2, destacándose que por la alta reactividad de la solución absorbente, el impactador consta de un burbujeador simple.

Oxidos de Nitrógeno (NO Y NO₂)

La muestra de aire se somete a través de un tren de oxidación para convertir el NO que pueda estar presente a NO₂ y luego es recogida en una solución

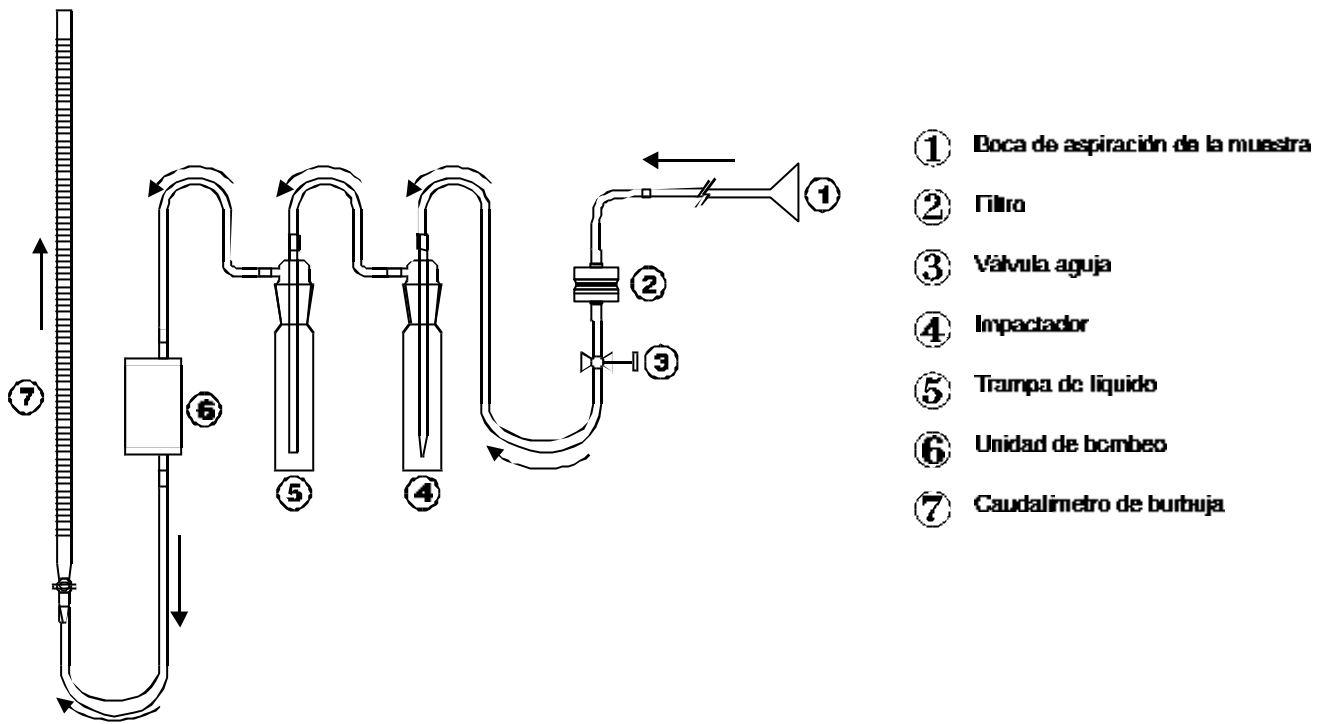


Fig2: Esquema Representativo de Tren de Muestreo de SO2

alcalina de arsenito de sodio (Warner, 1981). En el laboratorio se analiza colorimétricamente por el método de Saltzman.

El tren de recolección de la muestra se describe en la Fig. 3. Si bien en muchos aspectos hay similitud con el empleado para retener el dióxido de azufre, en este caso, se incorpora una columna oxidante, conteniendo mezcla sulfocrómica soportada en lana de vidrio. Esto último se realiza con el objeto de oxidar el Oxido Nítrico presente (NO), a Dióxido de Nitrógeno,

expresándose los resultados como NO₂. Operando trenes paralelos con y sin columna oxidante, se puede determinar la proporción de NO y NO₂ existentes.

Monóxido de Carbono.

Se muestrea en modo continuo en períodos de 8 hs mediante la utilización de un sensor electroquímico polarográfico acoplado a un equipo registrador.

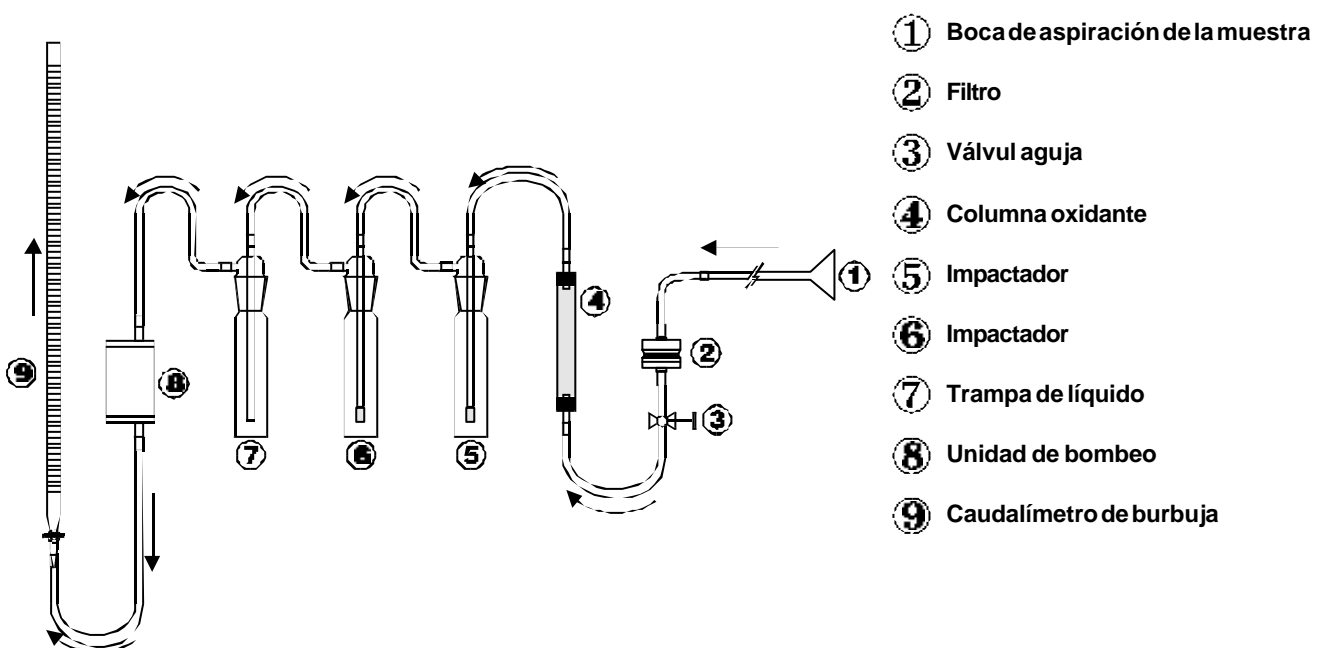


Fig 3: Esquema Representativo de Tren de Muestreo de NOx

Muestreo de tipo pasivo de recolección mensual y análisis gravimétrico (Warner, 1981).

Las estaciones comenzaron a funcionar a mediados del mes de mayo de 1994 y produjeron una abundante cantidad de información, datos inéditos ya que por primera vez se ponía en funcionamiento una red continua de medición de contaminantes del aire en la Ciudad de Rosario.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la actualidad se están analizando los datos obtenidos hasta la fecha, pero del análisis de parte de ellos se pueden adelantar algunos interesantes resultados, los cuales pueden dar lugar a la toma de medidas del tipo precautoria para controlar el aumento de las concentraciones de algunos de los contaminantes monitoreados, como así también despreocuparse de otros que no se muestran como relevantes.

Dióxido de Azufre (SO₂)

A través de los dos primeros años de medición se encontraron concentraciones extremadamente bajas o nulas, la mayoría de las veces en las zonas céntricas y sur de la Ciudad y algunas concentraciones bajas y esporádicas en la zona norte.

Esta última zona es de especial atención para la medición de SO₂ debido a que en las vecindades se concentran varias importantes industrias potencialmente productoras de dicho contaminante.

En las figuras 4 y 5 se pueden observar la evolución de los promedios mensuales de las concentraciones de NO_x desde el inicio de su medición en julio de 1994, hasta fines de 1995.

De las figuras se destaca la mayor concentración del contaminante en las estaciones ubicadas en la región céntrica respecto a las suburbanas.

Durante 1994 puede notarse concentraciones inferiores a los 20 mg/m³ para la estación Norte e inferiores a 40 mg/m³ en la estación Las Flores, pero con valores aproximadamente constantes desde julio hasta diciembre inclusive, verificándose un muy leve descenso a medida que se aproximan los meses calurosos, noviembre y diciembre.

En la estación Facultad se parte de una concentración promedio de 190 mg/m³ para el mes de julio, descendiendo este valor a poco menos de 80 mg/m³ en el mes de diciembre. Algo similar ocurre con la estación Tucumán que parte con concentraciones promedios mensuales de 110 mg/m³ en julio, descendiendo a poco más de 60 mg/m³ en diciembre.

La baja en las concentraciones desde julio a diciembre en la zona céntrica pudo deberse a un menor tránsito vehicular. Asimismo, habiéndose realizado gráficas conjuntas de evolución de concentraciones de contaminantes versus temperatura media diaria ambiente, pudo notarse una relación inversa entre ambas (Ver Fig. 6). También se graficaron concentraciones versus presión percibiéndose una relación directa (Ver Fig. 7).

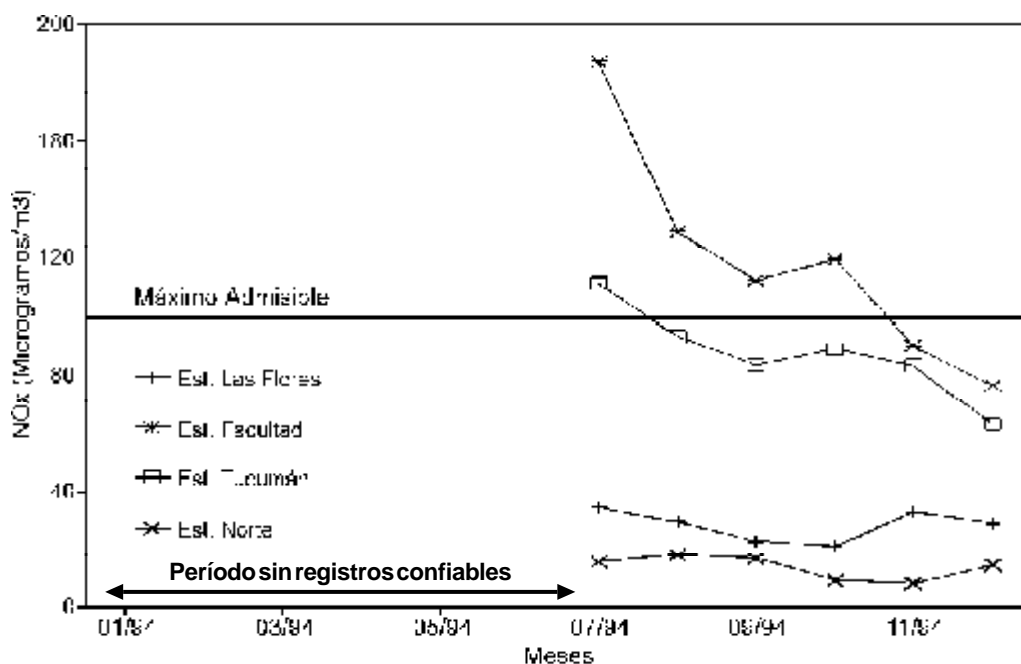


Fig. 4: Promedios Mensuales de NO_x, año 1994.

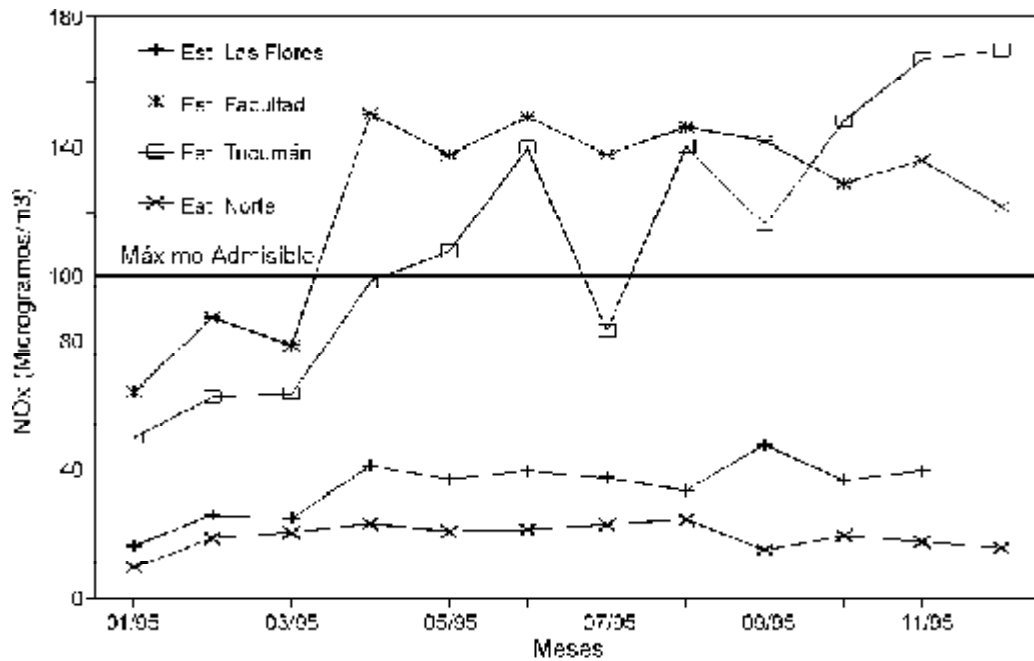


Fig. 5: Promedios Mensuales de NOx, año 1995.

Durante el año 1995 (ver Fig. 5), las estaciones periféricas arrancan con valores inferiores a 20 mg/m³ en el mes de enero (mes más cálido) para irse elevando a medida que avanzan los meses hasta los últimos del año donde descienden levemente, pero en valores más altos que los del mes de comienzo (enero). En las estaciones céntricas (Facultad y Tucumán) se parte en enero con valores de 50 mg/m³ para la estación Tucumán y 65 mg/m³ para la estación Facultad, aumentando estos valores a medida que se acaban los meses cálidos donde el flujo automotor es menor ya que son periodos de vacaciones que provocan una importante merma en el flujo vehicular.

Podemos ver que en los meses invernales los valores trepan por encima de 140 mg/m³ para la estación Facultad y a 140 mg/m³ en la estación Tucumán. Cercano al fin del año todo hacía prever una disminución de las concentraciones pero no fue así, ya que como se puede ver los valores de éstas permanecieron elevados, disminuyendo un poco en la estación Facultad (120 mg/m³ en diciembre) pero aumentando sustancialmente en la estación Tucumán (170 mg/m³ en diciembre).

Este comportamiento, es atribuible al continuo aumento del parque automotor que alteró la normal

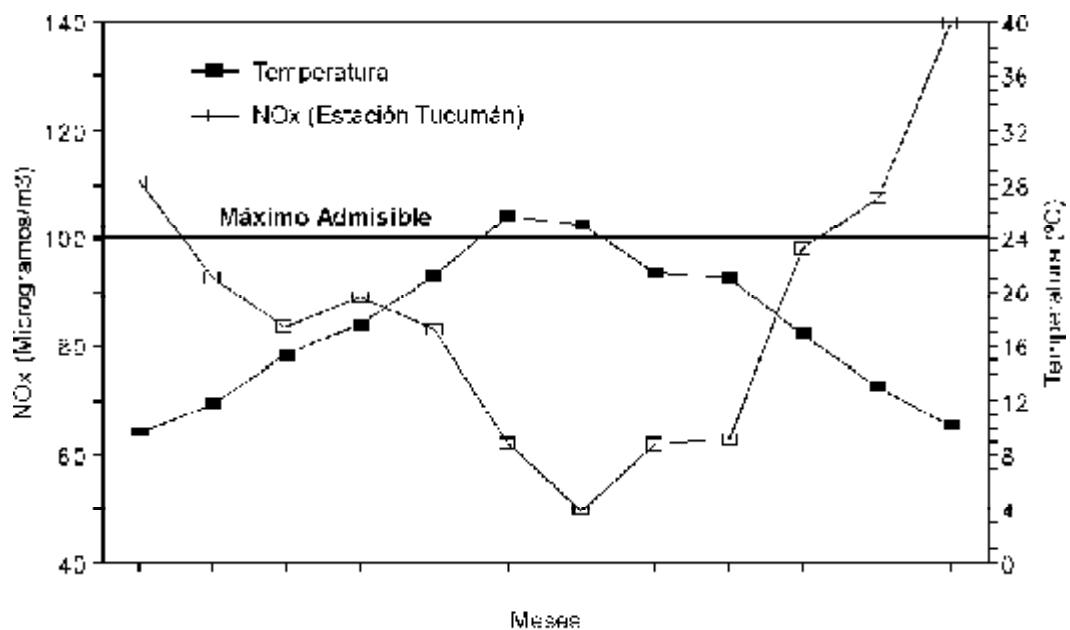


Fig. 6: Promedios mensuales de NOx y Temperatura

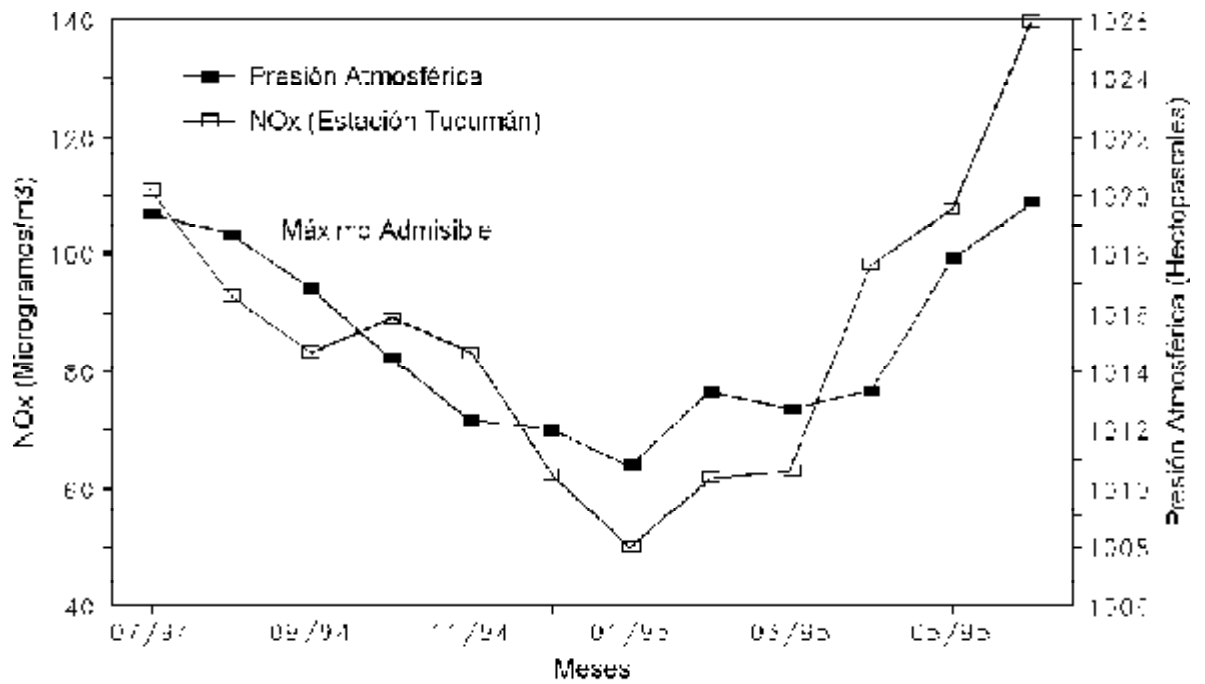


Fig. 7: Promedios Mensuales de NOx y Presión Atmosférica

Tabla 1 - Estación Las Flores (Suburbana).
(p.p.m. de Monóxido de Carbono)

Día	ago94	set94	oct94	nov94	dic94	ene95	feb95	mar95
1	0	1	1	1	1	0	1	1
2	1	2	1	1	-	1	1	1
3	1	2	1	1	1	0	1	1
4	1	-	1	2	1	0	1	1
5	7	1	1	-	2	1	-	-
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	2	1	0	1	1
8	1	2	1	1	-	0	1	1
9	1	1	-	1	1	0	1	1
10	4	1	2	1	1	0	1	1
11	1	-	1	1	1	1	-	1
12	1	2	1	2	2	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1
14	-	1	1	1	1	1	1	1
15	-	3	1	1	1	1	1	1
16	1	1	-	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	2	1	1	1
18	1	-	1	1	-	1	-	1
19	1	1	1	1	1	1	-	-
20	0	1	1	-	1	1	1	1
21	-	1	2	1	1	-	1	1
22	-	1	1	1	1	-	1	1
23	1	2	-	1	2	1	1	1
24	2	-	1	1	-	1	1	1
25	1	1	1	1	-	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	-	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	0	-	1	1
29	1	1	1	1	0	1	1	1
30	3	1	1	1	0	1	-	1
31	6	-	1	-	-	1	-	1

Tabla 2 - Estación Tucumán (Céntrica)
(p.p.m. de Monóxido de Carbono)

Día	jul94	ago94	set94	oct94	nov94	dic94	ene95	feb95	mar95
1	18	6	2	6	8	1	0	2	14
2	0	6	13	10	13	7	7	6	12
3	0	19	17	10	4	6	2	3	7
4	9	16	2	9	2	4	1	1	0
5	10	17	13	12	0	4	7	0	2
6	10	14	11	18	5	9	5	5	6
7	22	8	9	9	7	4	1	5	3
8	7	21	7	8	11	0	2	6	3
9	0	18	6	0	2	8	17	5	14
10	0	8	3	9	8	8	3	11	6
11	11	26	8	18	4	7	2	1	0
12	8	14	17	7	6	10	13	0	1
13	19	12	3	7	4	7	2	2	5
14	13	0	4	4	3	10	2	10	5
15	15	0	7	14	9	0	0	8	6
16	0	19	8	0	7	16	0	7	13
17	0	10	0	9	4	9	3	4	4
18	8	14	2	7	7	5	1	1	0
19	13	20	16	11	12	7	13	0	1
20	9	0	2	8	0	11	3	10	13
21	1	0	2	15	10	20	5	2	20
22	12	0	5	8	7	10	1	1	5
23	0	14	7	4	2	15	6	2	7
24	0	9	0	8	10	0	1	4	13
25	11	8	10	5	12	10	3	0	-
26	10	10	2	9	9	12	7	1	2
27	13	9	19	3	0	11	2	5	10
28	7	9	14	6	6	2	0	5	11
29	5	4	9	0	9	6	0	-	3
30	0	8	9	8	7	9	8	-	15
31	0	6	-	14	-	0	10	-	8

disminución del tránsito, en esa época, comparado año a año. Es importante destacar que el factor climático en el último semestre del año se presentó anormalmente seco, con escasas lluvias y vientos calmos, esta situación pudo haber contribuido a dificultar la remoción de los contaminantes.

Los máximos admitidos por la legislación local para NOx, es de 100 mg/m³ promedio para períodos de 24 hs, por lo que se desprende en forma inmediata que en las zonas de mayor concentración, este límite es sobrepasado la mayor parte del año. Asimismo se destaca la tendencia creciente de los valores, acompañada por el constante incremento en la intensidad del tránsito, lo cual torna la situación en muy preocupante, atento a la influencia perjudicial que esto significa para la salud de la población.

Monóxido de Carbono

Para este contaminante, se comenzó a determinar por testeo promediando varias lecturas en períodos cortos de tiempo (5 minutos), realizándose una medición diaria en forma aleatoria en cada una de las estaciones.

Este tipo de muestreo se llevó a cabo durante el segundo semestre del año 1994 y la primera parte del año 1995.

Como primera aproximación, pudo verse que los registros en las zonas suburbanas, resultan homogéneos y muy bajos (1 a 2 ppm). Por el contrario, en las zonas céntricas, los valores eran mucho más significativos y de gran variabilidad, lo cual impedía precisar conclusiones valederas. Sí pudo inferirse que la intensidad del tránsito automotor aportaba una marcada incidencia en este efecto (Ver Tablas 1 y 2).

La falta de confiabilidad en esta metodología de medición, promovió la ejecución de un sistema de muestreo más consistente. A fines del mes de Mayo de 1995, se aumentó a ocho el número de mediciones diarias en períodos cortos (5 minutos, una vez cada hora entre las 8:30 y las 16:30 hs), promediándose los valores para el período descrito. Posteriormente, a mediados del mes de Julio de ese mismo año, se implementó un dispositivo para la llegada permanente de la muestra homogeneizada a la celda sensora (eletroquímica polarográfica), tomándose lecturas una vez cada 15 minutos dentro del horario resaltado anteriormente, promediándose los valores obtenidos. Por último, se diseñó el acoplamiento del equipo sensor mencionado a un registrador de carta circular programable, equipado con integrador electrónico. Esta tarea demandó el diseño, programación y desarrollo de actividades especializadas en talleres de instrumentación durante un período de seis meses. Como consecuencia de esto, se comenzó a obtener

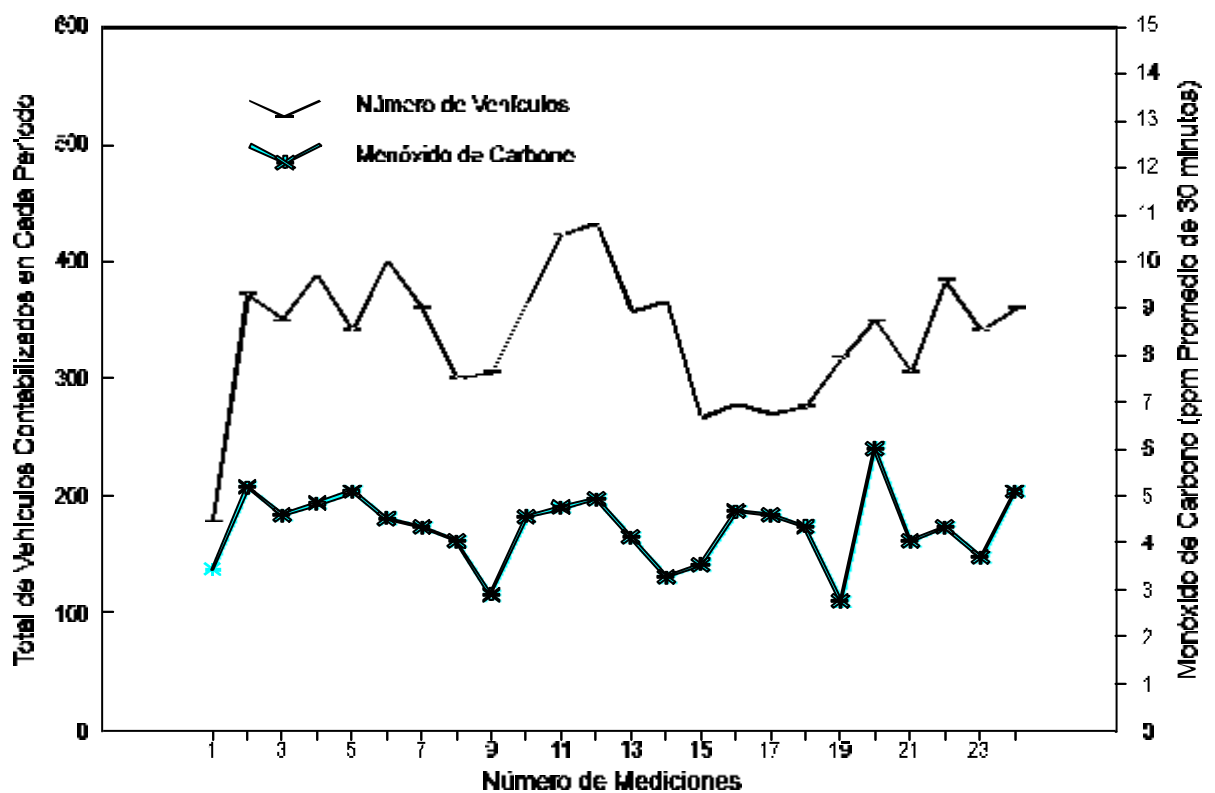


Fig. 8: Efecto del Flujo de Vehículos en la Concentración de Monóxido de Carbono

valores promedios de ocho horas, en una estación, a partir del mes de marzo de 1996.

Los valores registrados, en general resultaron de menor significación respecto a los vistos para NOx. Si bien en la mayoría de los casos son inferiores a los máximos recomendados, en ocasiones los han alcanzado. Durante los fines de semana, se nota una marcada disminución de las concentraciones, ya que el muestreo continuo se efectúa en la Estación Tucumán, ubicada en la periferia del microcentro de la ciudad, región en donde el flujo vehicular disminuye considerablemente en estos días.

A los efectos de comprobar la influencia de la intensidad del flujo vehicular en las concentraciones de Monóxido de Carbono, se realizó el día 6 de Agosto de 1996, una medición del número de vehículos en circulación, registrando paralelamente con el medidor continuo de Monóxido de Carbono, los valores resultantes para iguales períodos. A los fines prácticos, se decidió realizar 24 mediciones sucesivas cada media hora, tanto para número de vehículos como para promedios de concentración de Monóxido de Carbono a nivel de inmisión.

Los resultados obtenidos pueden verse en la Fig. 8, donde se destaca la notoria tendencia al acompañamiento de los mayores valores de concentración de CO con el mayor flujo vehicular. Los apartamientos, se deben sin lugar a duda a la influencia de los efectos climáticos puntuales sobre las lecturas realizadas, ya que estos influyen grandemente en la removilidad del contaminante, en especial las ráfagas de viento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores, agradecen el incondicional apoyo de la Universidad Tecnológica Nacional, como así también la participación financiera de la Municipalidad de la ciudad de Rosario, Argentina, ya que sin el concurso de estas entidades, no hubiera resultado posible la realización de la tarea de investigación que se ha descrito.

REFERENCIAS

Bower, J. y G. Broughton, Urban NO₂ Concentrations in the U.K. in 1987. *Atmospheric Environment*: 25, 267-283 (1991).

Shooter, D. y P. Brimblecombe, *Environment, Monitoring and Assessment*. *Risk Management*: 25, 159-168 (1993).

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 Systems. Vol. 2: Ambient Air Specific. Methods*. EPA, Cincinnati - EEUU (1993).

Warner, P.O., *Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua*, 2da edición. Editorial Paraninfo, Madrid - SP (1981).