

Monitoreo de emisiones generadas por el tráfico de vehículos en Bogotá

Héctor Manuel García Lozada*

Monitoring of emissions generated by the traffic of vehicles in Bogotá

RESUMEN

Se analizaron los gases de exhosto de 25.173 vehículos que circulan en Bogotá, en el período de noviembre del 2002 a mayo del 2003. Del total de vehículos evaluados, 19.938 consumen gasolina y 5.233 operan con diésel. Se encontró que 14,7% de los vehículos con motor de gasolina no cumplen el límite permitido para monóxido de carbono establecido por la autoridad ambiental de la ciudad y 22,6% incumplen la norma de hidrocarburos. Igualmente se identificó que 30,8% de los vehículos con motor diésel presentan porcentajes de opacidad de los humos por encima del límite permitido. Por otra parte, se destaca que en los vehículos de gasolina que incumplen la norma de hidrocarburos las concentraciones superan en más de dos veces el límite normativo mientras que en los que operan con diésel y que no cumplen la norma de opacidad, en promedio, la excedencia es cercana al 45% de lo permitido.

PALABRAS CLAVES

Contaminación del aire, emisiones vehiculares, emisiones urbanas.

ABSTRACT

The gases of exhaust of 25,173 vehicles that circulate in Bogota were analyzed, between November of the 2002 and May of the 2003. Of the total of evaluated vehicles, 19,938 they consume gasoline and 5,233 vehicles operate to diesel engine. One was that the 14,7% of the vehicles to gasoline do not fulfill the limit allowed for carbon monoxide established by the environmental authority of the city and the 22,6% fail to fulfill the hydrocarbon standard. Also it was identified that the 30,8% of the vehicles to diesel engine display percentage of opacity of the smoke over the allowed limit. Of another part, one stands out that in the vehicles to gasoline that fail to fulfill the HC norm, the concentrations they exceed in more of twice the normative limit whereas in which they operate to diesel engine and that do not fulfill the opacity norm in average, the excedencia is near 45% of the allowed thing.

KEYWORDS

Air pollution, traffic emission, urban emissions.

* Ingeniero químico de la Universidad de América, 1974. Magister en ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Colombia, 1979. Especialista en docencia universitaria de la Universidad del Rosario, 1999. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Director del grupo de investigación en contaminación atmosférica-Anki. hmgarcial@unal.edu.co.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial se reconoce la influencia que el transporte vehicular urbano ejerce en el deterioro de la calidad del aire, situación que constituye un factor de riesgo para la salud de la creciente población de las ciudades y, en general, para el ambiente. Se estima que en Bogotá las Emisiones de los Vehículos (EV) contribuyen con 100% del total de HC¹ y CO, 82% de NO_x y 17% de SO_x (Dama, 2002). Si además se tiene en cuenta que tanto el tamaño de la población como el del parque automotor muestran tendencias anuales crecientes, incluso mayores para los vehículos (2,5%, calculada con base en datos publicados por el Ministerio de Transporte en el año 2002) que para la gente (2,08%, Dane, 2003), resulta apenas lógico esperar que también se incremente el factor de riesgo sanitario y ambiental asociado a la cantidad y composición de las EV.

De lo anterior se desprende la necesidad de realizar los mejores esfuerzos con el propósito de reducir las emisiones atmosféricas generadas en las actividades humanas, y muy especialmente las EV, en atención a su magnitud y composición. Estas dos características de las EV dependen de una gran cantidad de factores de tipo tecnológico, cultural y climatológico que atienden, por una parte, a las especificaciones del vehículo (tamaño, edad, mantenimiento), tipo y calidad de combustibles utilizados, sistemas de control instalados en los vehículos, flujo vehicular y modos de operación, y por otra parte, a las condiciones topográficas y la disponibilidad de oxígeno en la atmósfera de la ciudad. Como se ve, el problema es complejo dada la concurrencia de los factores citados y su gran influencia en la generación de emisiones atmosféricas.

Las normas que establecen los límites de EV en Bogotá² contemplan restricciones para las concentraciones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, en vehículos de gasolina, y de la opacidad de los humos que se liberan a través del exhosto, para vehículos con motor diésel.

1. HC: hidrocarburos, CO: monóxido de carbono, NO_x: óxidos de nitrógeno, SO_x: óxidos de azufre.

2. Resolución 160 de 1996, Dama. Reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor de gasolina y diésel en Bogotá, D.C.

Una de las estrategias que se están aplicando en la ciudad para el control del cumplimiento de los límites citados consiste en realizar operativos de medición de emisiones en las vías, mediante la participación coordinada de la autoridad ambiental, la autoridad de tránsito y la Policía Metropolitana de Tránsito. La Universidad Nacional de Colombia fue contratada para la operación de los equipos de medición y el análisis de la información obtenida en los operativos. Los procedimientos de trabajo y los resultados que se presentan en seguida corresponden al período comprendido entre noviembre del 2002 y mayo del 2003.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos para toma y análisis de muestras

Para realizar los operativos de medición de las EV se conformó un grupo de técnicos mecánicos y agentes auxiliares de tránsito y se dispuso de una flota de siete vehículos, dotados de los equipos e instrumentos para la toma y análisis de las muestras *in situ*. La toma de las muestras y su análisis se realizan de conformidad con los requerimientos técnicos de operación y pruebas especificados en la norma³ para los equipos de medición de gases de escape de fuentes móviles de gasolina en condición de marcha mínima o ralenti y para la evaluación de la opacidad mediante la prueba estática para fuentes móviles con diésel. La concentración de gases (HC, CO) se determina mediante la técnica de análisis conocida como Infrarrojo No Dispersivo (IND) y la opacidad se mide con un opacímetro de flujo total marca Andros.

Corredores viales analizados

En el Comité Interinstitucional integrado por las autoridades de tránsito, ambiente y de policía y la Universidad Nacional, se definió cada semana la programación de los corredores viales que hay que monitorear con la intención de cubrir áreas estratégicas de la ciudad y que además cumplieran los requerimientos logísticos rela-

3. Resolución 5 de 1996, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres con gasolina o diésel, se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones.

Tabla 1. Excedencia de la norma de monóxido de carbono (CO) en vehículos con motor de gasolina. Bogotá, 2003

Modelo	Límites máximos permisibles según la norma	Total de revisiones	Número de vehículos que exceden	Vehículos que exceden la norma (%)	Excedencia promedio de la norma (%)
Hasta 1974	7	3.814	334	8,76	27,80
1975 - 1980	5,5	4.183	586	14,01	43,47
1981 - 1990	5	6.077	1.070	17,61	52,66
1991 - 1995	4	3.888	774	19,91	68,77
1996 - 1997	3,5	1.013	131	12,93	81,18
1998 - 2000	2,5	619	29	4,68	125,67
2001 - 2003	1	339	20	5,90	327,10
TOTAL		19.933	2944	14,77	56,10

cionados con la disponibilidad de energía para los equipos de muestreo, seguridad de la operación y la composición y el volumen del tráfico vehicular. De esta manera se proyectó la meta para realizar 4000 revisiones por mes. En total se ubicaron 282 puntos de monitoreo y control durante el desarrollo del convenio, para cubrir corredores viales importantes de la ciudad como Av. Américas, Av. Boyacá, Av. Ciudad de Quito, Av. Ciudad de Cali, Av. Villavicencio, Av. Suba, Av. 1° de Mayo, autopista Sur, Cra. 10, Cra. 7 y Cra. 68, entre otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número y tipo de vehículos revisados

Se evaluaron en total 25.173 vehículos, de los cuales 19.938 correspondían a vehículos que consumen gasolina y el resto (5.235) fueron vehículos con motor diésel. En el período comprendido entre el 25 de noviembre de 2002 y el 16 de mayo de 2003, se revisaron en promedio 179 vehículos por día. Así mismo, 45,7% de los vehículos revisados fueron particulares, 23,6% correspondió al transporte público y 30,6% al transporte de carga.

Emisiones de vehículos con motor de gasolina

Monóxido de carbono (% CO)

La magnitud de las emisiones de CO está relacionada con la eficiencia de la combustión, la cual a su vez depende esencialmente del suministro adecuado de la mezcla de aire y combustible. Cuando la combustión es eficiente, el carbono contenido en el combustible se

oxida hasta CO₂; sin embargo, en la práctica siempre se producirá una mezcla de CO₂ y CO. A medida que la relación CO₂/CO sea menor, la combustión será menos eficiente.

Se encontró que 2.944 vehículos de un total de 19.993 revisados excedieron la norma de CO, en un 56,1% en promedio, y que los niveles de excedencia alcanzaron a ser tres veces mayores que la concentración de CO permitida (tabla 1). En los modelos de vehículos más recientes, de los últimos cinco años, la proporción de vehículos que exceden la norma es bajo (inferior al 6%). No obstante, cuando los vehículos de estos modelos exceden la norma presentan las concentraciones más altas de CO observadas.

Hidrocarburos (ppm HC)

Las emisiones de hidrocarburos que se liberan a través del exhosto de los vehículos son consecuencia de una combustión incompleta, parcial o total, de la mezcla de estos compuestos que hacen parte de la composición normal de los combustibles. El número de vehículos que incumple la norma de HC (4.513) es superior al número de vehículos que no cumplen la norma de CO (2.944). Nuevamente los modelos correspondientes a los últimos cinco años son los que presentan el menor porcentaje de vehículos por fuera de norma (tabla 2). En este caso, las excedencias de las normas varían entre 1,2 y 1,5 veces la concentración permitida, es decir, son menores que las observadas para CO (>3 veces) pero con el agravante de que se encuentran distribuidas en todos los modelos.

Tabla 2. Excedencia de la norma de hidrocarburos (HC) en vehículos con motor de gasolina. Bogotá, 2003

Modelo	Límite máximo permisible según la norma	Total de revisiones	Vehículos que exceden la norma (%)	Excedencia promedio de la norma (%)
Hasta 1974	7	3.814	22,99	130,34
1975 - 1980	5,5	4.183	23,91	142,37
1981 - 1990	5	6.077	23,00	140,95
1991 - 1995	4	3.888	25,18	146,30
1996 - 1997	3,5	1.013	16,29	133,48
1998 - 2000	2,5	619	8,40	155,86
2001 - 2003	1	339	12,39	123,36
TOTAL		19.933	22,64	140,10

Emisiones de vehículos con motor diésel Opacidad (%)

La opacidad es un parámetro indicativo del grado de ennegrecimiento de los humos que se liberan a través del exhosto de los vehículos con motor diésel y se interpreta como una medida indirecta de la concentración de partículas en la emisión.

El total de vehículos con motor diésel evaluados (5.233) fue sustancialmente inferior al número de vehículos con motor de gasolina que se sometieron a las pruebas (tabla 3), debido, entre otras razones, a que la duración del muestreo para diésel es mucho mayor que para gasolina. Se encontró que el porcentaje de vehículos con motor diésel que no cumplió la norma de opacidad fue de 30,8, valor superior a los porcentajes de incumplimiento observados para los vehículos con mo-

tor de gasolina, los cuales mostraron 14,7% para CO y 22,6% para HC.

En forma concordante con lo detectado en los vehículos con motor de gasolina se identificó que los vehículos de modelos más recientes son los que presentan las mayores desviaciones cuando se comparan con el nivel de incumplimiento de los vehículos antiguos. En promedio la excedencia de la norma se ubica en un 45%.

Cumplimiento de normas en los corredores viales

Si se hace referencia al porcentaje de vehículos rechazados con respecto al total de vehículos evaluados en cada uno de los corredores viales, se encuentra que el corredor en el cual ocurre un mayor aporte de contaminantes vehiculares es el de la Cra. 10, seguido por la Av. 1° de Mayo y la autopista del Sur.

Tabla 3. Excedencia de la norma de opacidad en vehículos con motor diésel. Bogotá, 2003

Modelo	Límites máximos permisibles según norma	Total de revisiones	Número de vehículos que exceden la norma (%)	Vehículos que exceden la norma (%)	Excedencia promedio de la norma (%)
Hasta 1980	65	1.515	431	28,4	26,7
1981 - 1985	60	583	193	33,1	34,3
1986 - 1990	55	479	193	40,3	42,4
1991 - 1995	50	1.585	568	35,8	51,9
1996 - 2000	50	822	200	24,3	55,0
2001 - 2003	40	249	28	11,2	60,2
TOTAL		5.233	1.613	30,8	45,08

CONCLUSIONES

- Definitivamente se identifica la necesidad de reforzar las estrategias de control de emisiones vehiculares en la ciudad, puesto que los índices de incumplimiento de las normas establecidas por la autoridad ambiental muestran que existe un riesgo potencial de afectación de la salud pública por efecto de la presencia de los contaminantes evaluados.
- En relación con el comportamiento de las EV debidas a la combustión de la gasolina, más que el porcentaje de vehículos que incumplen las normas de HC y CO, son preocupantes las magnitudes de las excedencias. En efecto, las concentraciones de HC en los vehículos que exceden la norma se encuentran en un rango por lo menos de dos veces con respecto a las concentraciones máximas permitidas y hasta de tres veces para el CO.
- Por otra parte, el indicativo referido al 30,8% de los vehículos con motor diésel que no cumplen la norma de opacidad de los humos y que, en promedio, las concentraciones son mayores en cerca de 50% con respecto a las máximas permitidas, son factores que obviamente deterioran la calidad del aire en la ciudad y pueden ocasionar afectaciones de tipo epidemiológico y ambiental.
- Finalmente, es importante reconocer la labor de las entidades del gobierno distrital por los esfuerzos que están realizando para mejorar la calidad del aire de la ciudad. En esta materia se destacan, por ejemplo, las jornadas del Día sin Carro, las campañas de concientización ciudadana, la organización y operación del sistema de certificación de emisiones vehiculares, la revisión y expedición de normas más restrictivas, la operación de la red de calidad del aire y, desde luego, la vinculación de la ciudad a la Iniciativa de Aire Limpio, la cual abre una gran oportunidad de avanzar, junto con otras ciudades latinoamericanas, en el control de los factores de riesgo inherentes a esta problemática.

BIBLIOGRAFÍA

- Schwela, D.; Zali, O. (eds.), *Urban traffic pollution*, Londres, 1999.
- Dama - Universidad Nacional de Colombia, 2003. Operación de las estaciones de monitoreo y control de emisiones de fuentes móviles en la ciudad de Bogotá. Convenio 031 de 2002. Informe final.
- Dama, 2002. Plan de Gestión Ambiental, 2001-2009. Bogotá.
- Dane. Estadísticas, página web. www.dane.gov.co.
- Ministerio de Transporte. Dirección General de Tránsito y Transporte Terrestre Automotor, 2002. Informe sobre cantidad de vehículos por clase y modelo. Bogotá, D.C.