



**REPÚBLICA DE COLOMBIA
ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO
DEL MEDIO AMBIENTE - DAMA**

**REPORTE CONSOLIDADO
CALIDAD DEL AIRE SANTA FE DE BOGOTÁ**

JORNADA

**“SIN MI CARRO EN BOGOTÁ”
FEBRERO 24 DE 2000**

SANTA FE DE BOGOTÁ, MARZO DE 2000

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción y síntesis de resultados
 2. Balance global del comportamiento de la contaminación atmosférica en toda la Ciudad
 - 2.1. Material particulado (menor de 10 micras)
 - 2.2. Oxidos de Nitrógeno (NO₂)
 - 2.3. Monóxido de carbono (CO)
 3. Balance del comportamiento de la contaminación atmosférica en 4 vías troncales
 - 3.1. Material particulado (menor de 10 micras)
 - 3.2. Dióxido de Azufre (SO₂)
 - 3.3. Oxidos de Nitrógeno (NO₂)
 - 3.4. Presión sonora
 4. Emisiones a la atmósfera
 5. Correlación de la contaminación atmosférica con el comportamiento meteorológico
 - 5.1. Precipitación
 - 5.2. Viento
 - 5.3. Pronóstico de estabilidad
- ANEXO 1. Síntesis metodológica.
- ANEXO 2. Clasificación y sensores por estación
- ANEXO 3. Datos de la red

1. Introducción y síntesis de resultados

Uno de los problemas ambientales más graves en Bogotá es la contaminación atmosférica. De hecho en un estudio reciente contratado por el DAMA¹, se concluye que la primera prioridad para la comunidad es la reducción de la contaminación del aire². Esto es explicable en la medida que este es un problema que afecta directamente y a corto plazo a las personas. Es decir se constituye en un problema claramente perceptible por la gente.

Las consecuencias más comunes en la salud de la población se relacionan con enfermedades respiratorias y con la generación de altos niveles de estrés³.

Las causas de la contaminación atmosférica en Bogotá son múltiples: emisiones de las fuentes móviles (automotores), emisiones de la industria y la propia dispersión natural de material particulado proveniente de suelos erosionados.

¹ Centro Nacional de Consultoría. Estudio de percepción social de la problemática ambiental. Santa Fe de Bogotá, 1999.

² Según este estudio el 52% de 2000 personas encuestadas, coincidieron en que la primera prioridad en cuanto a la solución de problemas ambientales debe ser el mejoramiento de la calidad del aire.

³ Según, DAMA – Minambiente – Secretaría de Salud – Colciencias - Universidad Javeriana, en “Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Santa Fe de Bogotá”; la reacción respiratoria más frecuente y clínicamente importante de las producidas por la Contaminación Atmosférica es la broncoconstricción, la cual puede depender de reacción inmunitaria o, con mayor frecuencia, de efecto irritante directo. La preocupación primaria en cuanto a este aspecto ha sido que esta reacción se ha encontrado como respuesta a varios de los contaminantes ambientales químicos frecuentemente aislados en la atmósfera de las grandes ciudades. Mención especial merece el hecho que hay personas con mayor susceptibilidad, como los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas, quienes responden a concentraciones inferiores a las consideradas aceptables para la población general.

Según estudios clínicos, la inhalación de Dióxido de azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) u Ozono (O₃), han producido broncoconstricción en asmáticos. Además de estos gases, se reconoce el efecto nocivo del material inorgánico particulado en suspensión (MPS), cuyo depósito en el aparato respiratorio depende de múltiples factores, entre ellos, las propiedades aerodinámicas de la partícula, principalmente su tamaño.

Mediante trabajos clínicos y epidemiológicos se ha concluido que por acción directa de los contaminantes atmosféricos, los pacientes con asma y bronquitis crónica son susceptibles de padecer exacerbaciones agudas de sus procesos patológicos.

Cálculos preliminares del DAMA indican que aproximadamente el 75% de los contaminantes atmosféricos (CO, HC y Nox) provienen de las fuentes móviles (automotores). Por tanto la reducción de estas emisiones se constituye en una prioridad de la política ambiental del D.C; prioridad que además coincide con las expectativas de la comunidad.

Existen varias estrategias para reducir la contaminación atmosférica⁴. Una de las más importantes es la concientización a la comunidad para que en la medida de lo posible se utilice cada vez menos el vehículo particular y se incremente el uso del transporte público.

Estos fueron los retos más importantes de la jornada “Sin mi carro en Bogotá”, que como se aprecia en el contenido y las conclusiones de este informe, se cumplieron exitosamente según lo indica la siguiente síntesis de resultados.

Síntesis de resultados sobre el comportamiento de la contaminación atmosférica el 24 de febrero

- **El Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀)**, durante la jornada, ***disminuyó en un 23 %*** respecto a un día jueves normal en el registro histórico de 3 años (en adelante ***Día Patrón***), presentándose las mayores disminuciones en las localidades de Kennedy, Tunjuelito, Suba, Fontibón y Engativa.
- **El Monóxido de Carbono (CO)**, durante la jornada, ***disminuyó en un 28 %***, lo cual se evidencia con mayor representatividad en las localidades de Barrios Unidos, Chapinero, Teusaquillo, Los Mártires, Santa Fe la Candelaria y Fontibón.
- **El Dióxido de nitrógeno (NO₂)**, durante la jornada, ***disminuyó en un 9 %***, las localidades de Usaquén, Puente Aranda y Chapinero son las que registran mayores reducciones respecto al día patrón.

⁴ Dentro del plan de acción 98-2001 del DAMA. Entre otras se encuentran: procesos de reconversión tecnológica de las industrias, control y seguimiento de emisiones de fuentes fijas, autorización a centros de diagnóstico para operaciones de sincronización de vehículos, control de vehículos a través del certificado del estado de emisiones y actividades de control (preventivo o sancionatorio) en las diferentes vías de la ciudad.

En las cuatro troncales monitoreadas⁵:

Las concentraciones de contaminantes medidas en las cuatro vías de mayor tránsito vehicular de la ciudad variaron en promedio así: el monóxido de carbono (**CO**) **disminuyó un 47 %**, el dióxido de azufre (**SO₂**) **disminuyó en un 86 %** y las partículas menores a 10 micras (**PM₁₀**) se **incrementaron en un 3%**, respecto al promedio de los 4 días anteriores.

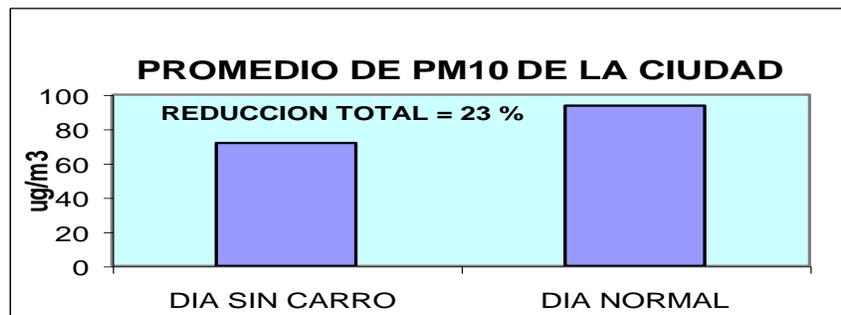
Con relación a los niveles de presión sonora (**Leq - dbA**) se observa que éstos **disminuyeron en un 3 %** respecto al promedio de los 4 días anteriores.

⁵ Se amplió la cobertura de la red de calidad de aire con la instalación de cuatro (4) estaciones temporales ubicadas en las principales troncales: Avenida Ciudad de Quito con Diagonal 8ª sur, Autopista del Norte con calle 128, Carrera 7 con calle 108 y Avenida de las Américas con Cra. 50. Estas estaciones registraron partículas suspendidas totales (PPT), el material particulado menor a 10 micras (MP10), óxidos nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), e hidrocarburos (HC) generados en éstas vías, 4 días antes, durante y 4 días después de la jornada “Sin mi carro en Bogotá”.

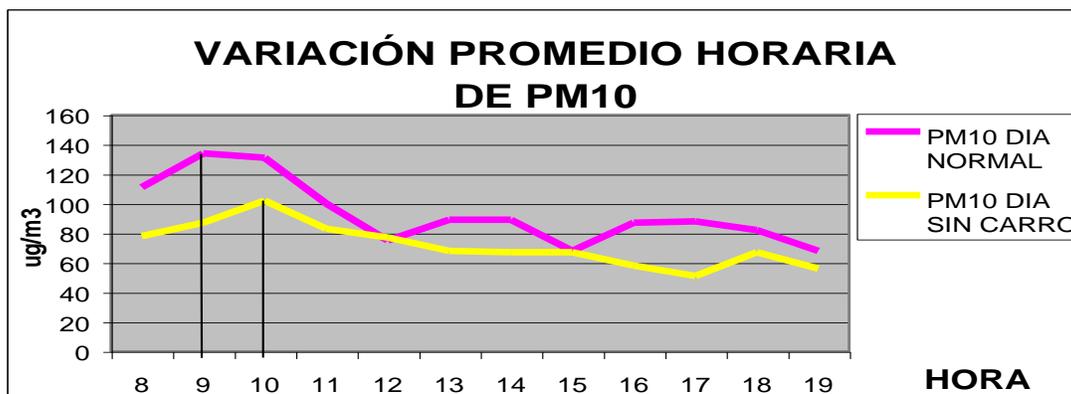
2. Balance del comportamiento de la contaminación atmosférica

2.1. Material Particulado Menor a 10 Micras (PM10):

El promedio del material particulado menor a 10 micras (PM10) de todas las estaciones de monitoreo, en un día normal⁶ es de 93.50 ug/m^3 y supera los valores registrados en la jornada “Sin mi carro en Bogotá” (71.75 ug/m^3), es decir que se presentó un descenso equivalente al 23 %. La reducción obedece a que aproximadamente 374.200^7 vehículos particulares matriculados en Bogotá dejaron de circular, con lo cual el efecto de levantamiento de material particulado fue menor.



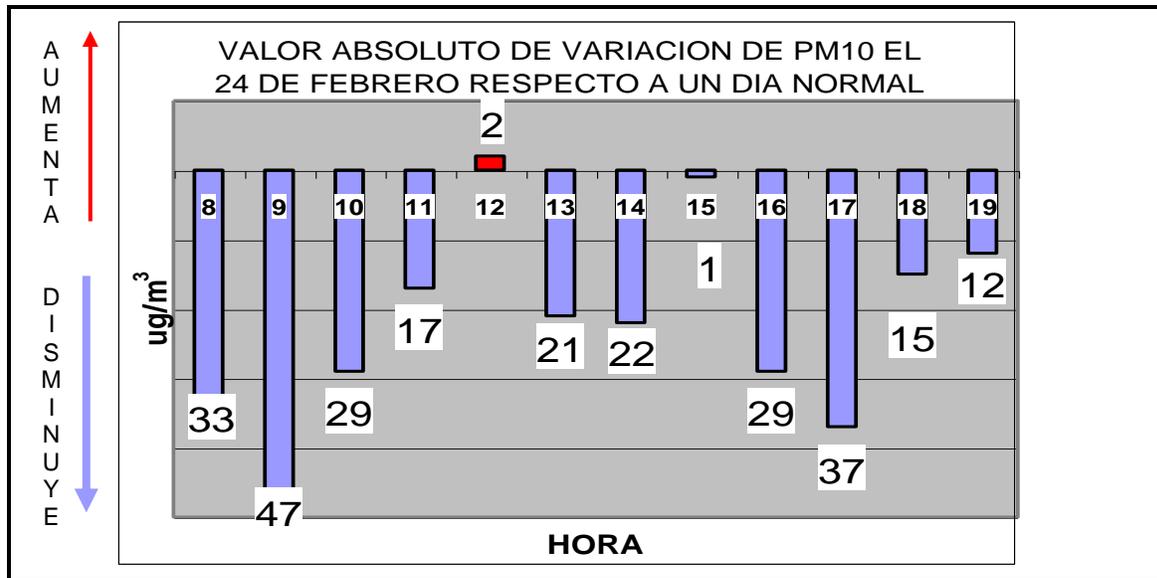
La mayor concentración de material particulado durante la jornada se presentó a las 10:00, una (1) hora mas tarde que el pico habitual de PM10 en un día normal, que en promedio se da a las 9:00. Lo anterior obedece a que el mayor flujo de vehículos se presentó de 5:30 a 6:30, una hora antes del pico normal (6:30 a 7:30)



⁶ Jueves laboral de condiciones meteorológicas similares (precipitación y vientos).

⁷ Secretaría de Tránsito y Transporte. Informe día “Sin mi carro en Bogotá”

El 24 de febrero, las mayores reducciones se presentaron a las 9:00 y a las 17:00, horas que coinciden con horas pico de tráfico de un día normal. Las razones de la reducción se atribuyen a la disminución en el número de vehículos que circularon a estas horas por todo Bogotá.



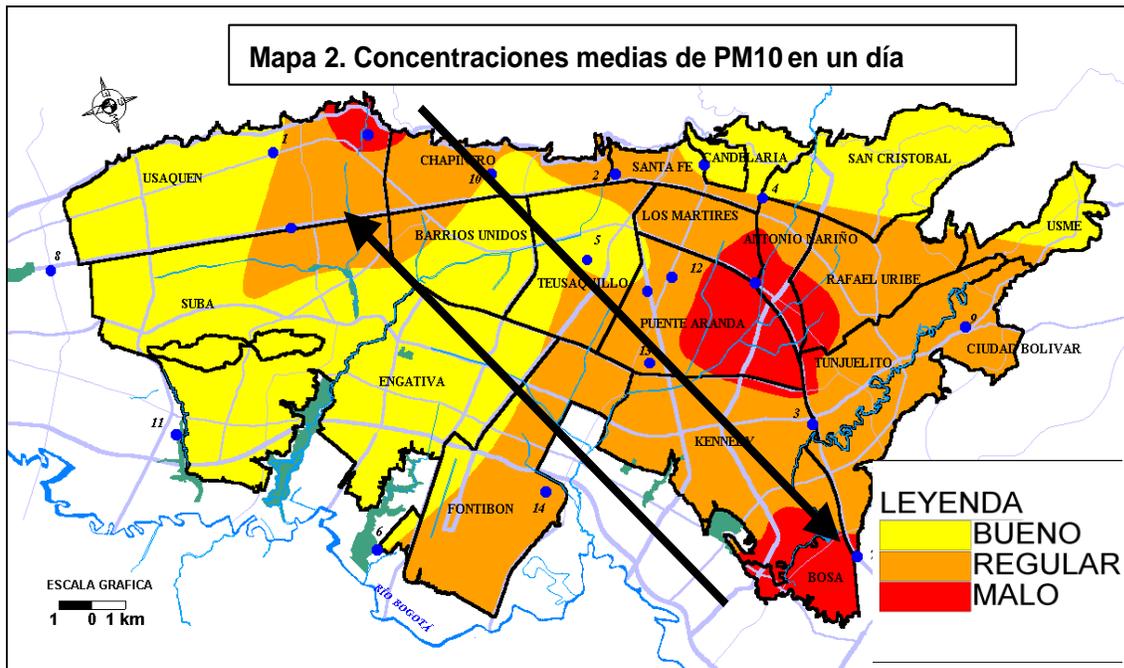
La norma E.P.A⁸ de PM₁₀ es 150 ug/m³ (concentración promedio horaria en 24 horas). La norma PM₁₀ se superó doce (12) veces en el día patrón, mientras que durante la jornada sólo se superó dos (2) veces: a las 8:00 a.m. en la estación de Cazuca y a las 9:00 a.m. en la estación de Minambiente.

Los principales efectos PM₁₀ en la salud de la población se reflejan en el ingreso de este material al tracto respiratorio, con la consecuente producción de daños en los tejidos y órganos que los conforman.

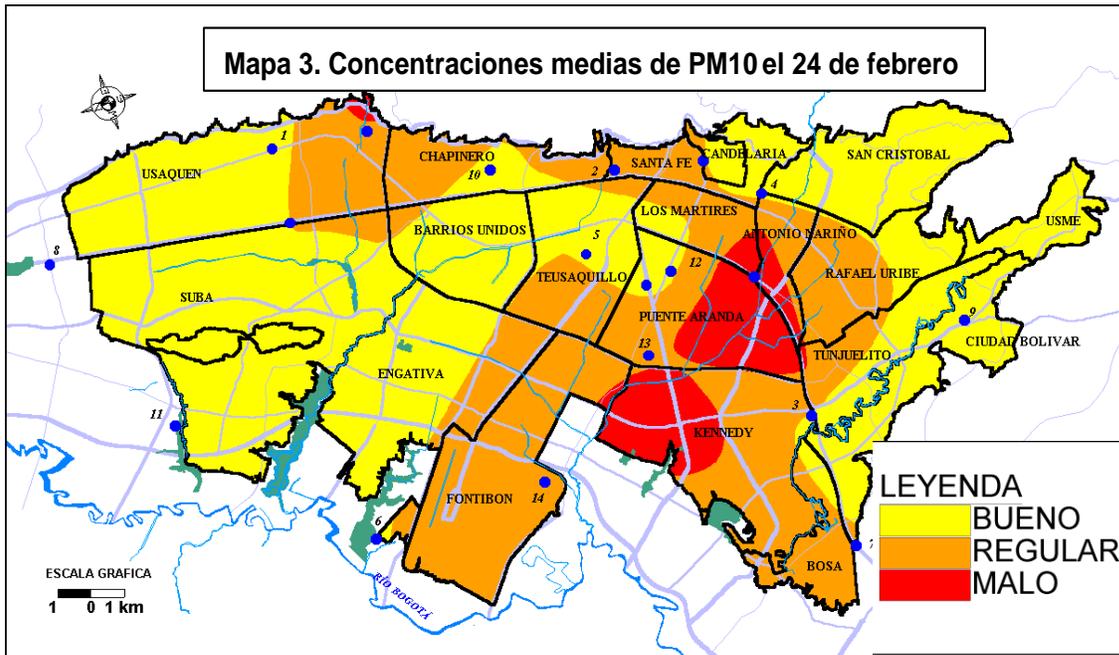
La distribución espacial del comportamiento de la concentración de PM₁₀, muestra que en un día normal recurrentemente se presentan niveles elevados en las localidades de: Chapinero, Fontibón, Engativá, Kennedy, Puente Aranda, Bosa y Los Mártires (ver mapa 2). La concentración de niveles altos de PM₁₀ en las localidades del suroccidente y del nororiente

⁸ Norma de Environmental Protection Agency (E.P.A). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

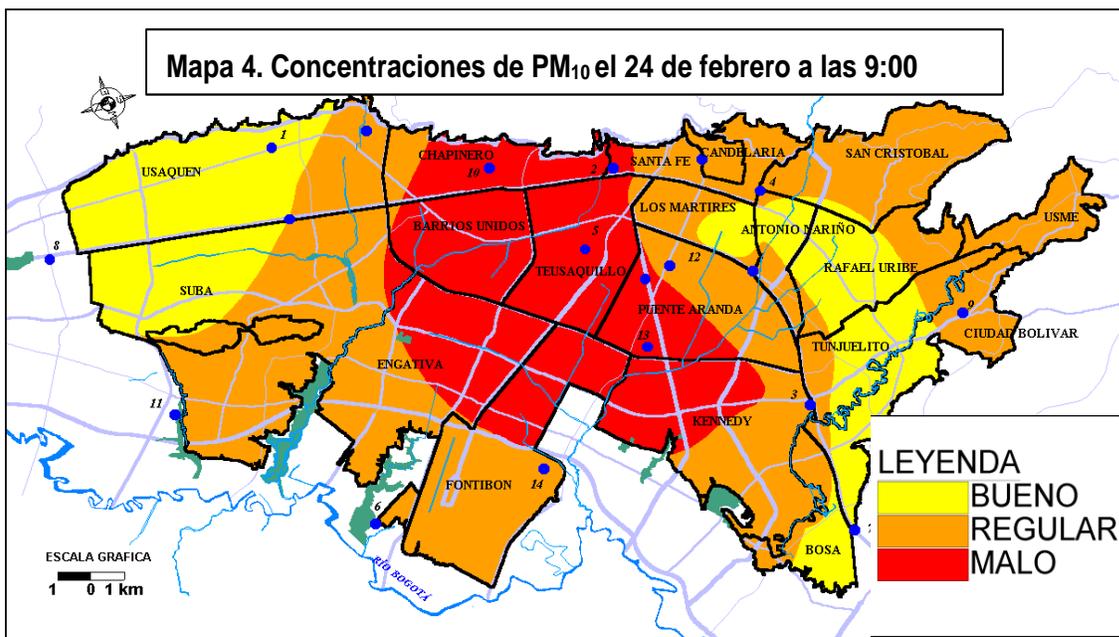
de la ciudad obedece al régimen característico de circulación de vientos: en la mañana la dirección predominante es del NE y en la tarde del SW (ver mapa 2 y anexo 3).



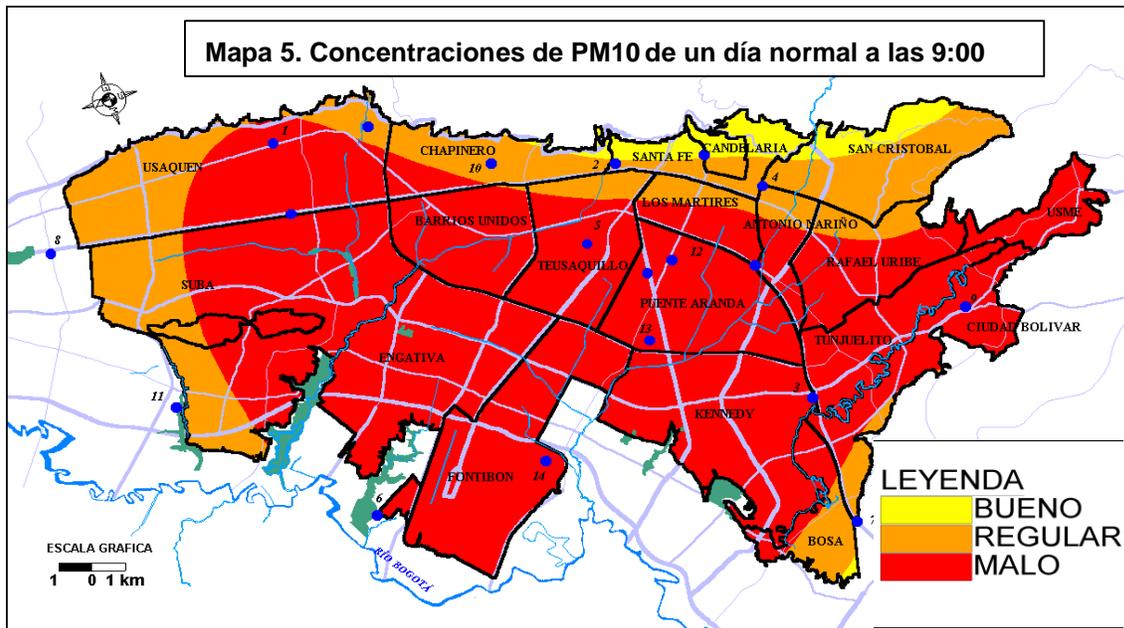
El efecto de la restricción del 24 de febrero en la circulación de vehículos fue la reducción del PM10 en las localidades de: Usaquén, Puente Aranda, Bosa, Tunjuelito, Suba, Fontibón y Engativá. No obstante, se presentó una concentración e incremento en relación con el día normal, en la localidad de Kennedy (ver mapa 3).



Las mayores reducciones de PM₁₀ se presentaron a las 9:00 a.m. del 24 de febrero, tal y como lo ilustran el mapa 4. de distribución del contaminante durante la jornada y el mapa 5. de la misma hora del día normal.



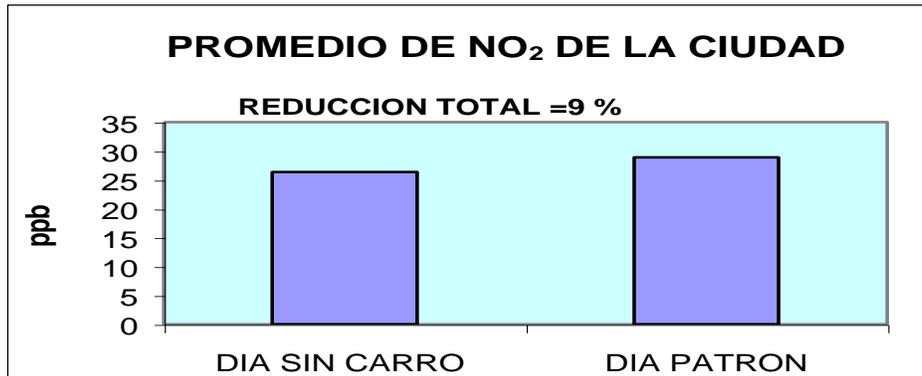
Las mayores reducciones se presentaron en el sur occidente y en el norte de la ciudad.



2.2. Oxidos de Nitrógeno (NO₂)

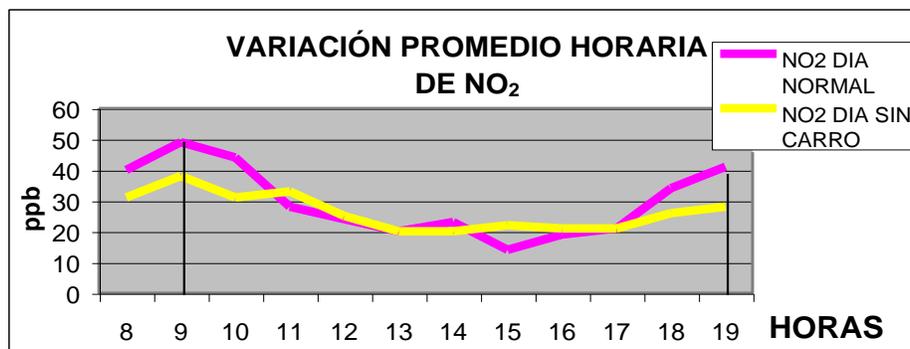
Los óxidos de nitrógeno (NO₂) durante el 24 de febrero presentaron un descenso promedio frente al día normal, equivalente al 9 %, registrándose un promedio de 26.33 ppb⁹ durante la jornada, en comparación con 28.92 ppb registrados en el día normal. Esta reducción es explicable ya que la producción de este contaminante está directamente asociada a la combustión de los vehículos. Se genera cuando los motores alcanzan altas temperaturas (en trancones o a altas velocidades). Este contaminante se genera de forma más frecuente en los vehículos viejos o que han tenido gran uso, características propias de una buena porción del parque automotor de servicio público. Por esta razón la reducción de (NO₂) no fue tan significativa como la de PM10 o CO.

⁹ Partes por billón



La OMS¹⁰ recomienda como estándar para promedio horario máximo de NO₂ (107 ppb), esta norma se supera una (1) vez en el día normal y ninguna vez durante la jornada, lo cual se tradujo en un 100 % de cumplimiento de la norma de NO₂. Los óxidos de nitrógeno participan en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación de algunos contaminantes llamados como secundarios (p.e. ozono).

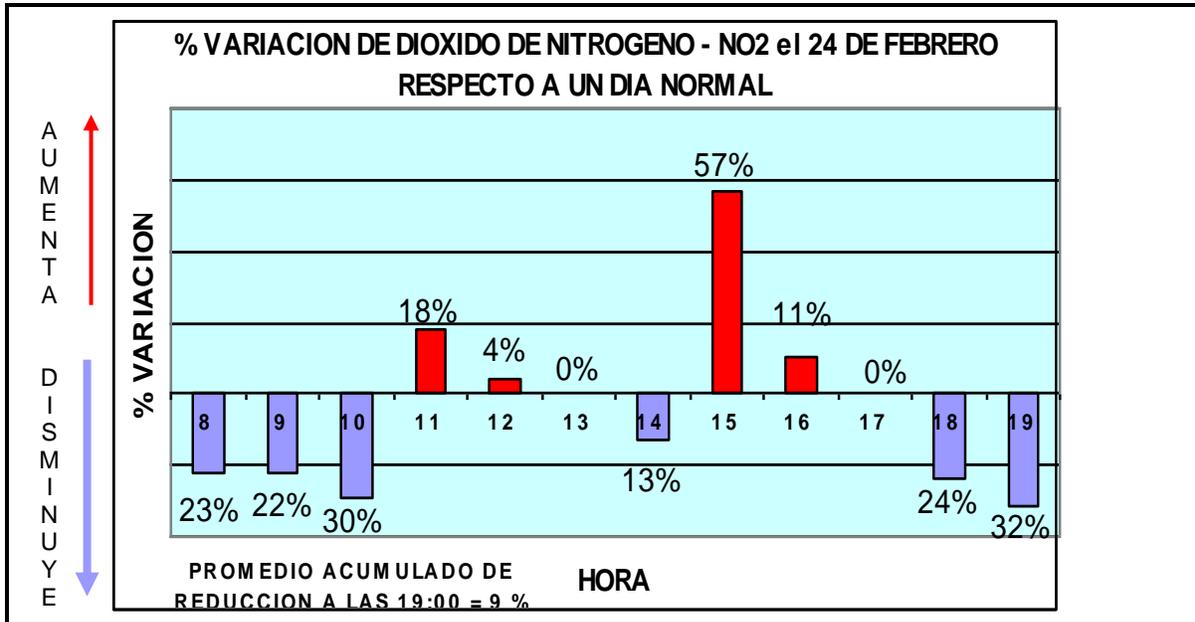
La mayor disminución de los niveles de óxidos de nitrógeno se presentó en las horas de la mañana. En las horas de la tarde (15:00 a 17:00) las condiciones meteorológicas tales como baja velocidad del viento, baja radiación solar y alta estabilidad atmosférica, no permitieron una adecuada dispersión de éstos.



El 24 de febrero las mayores concentraciones de NO₂ se presentaron a las 9:00 y a las 19:00, con menores valores pero a la misma hora que día normal. El resto del día tuvo un comportamiento similar al de un día normal. Incluso a las 11:00 y a las 15:00 del 24 de febrero se registraron

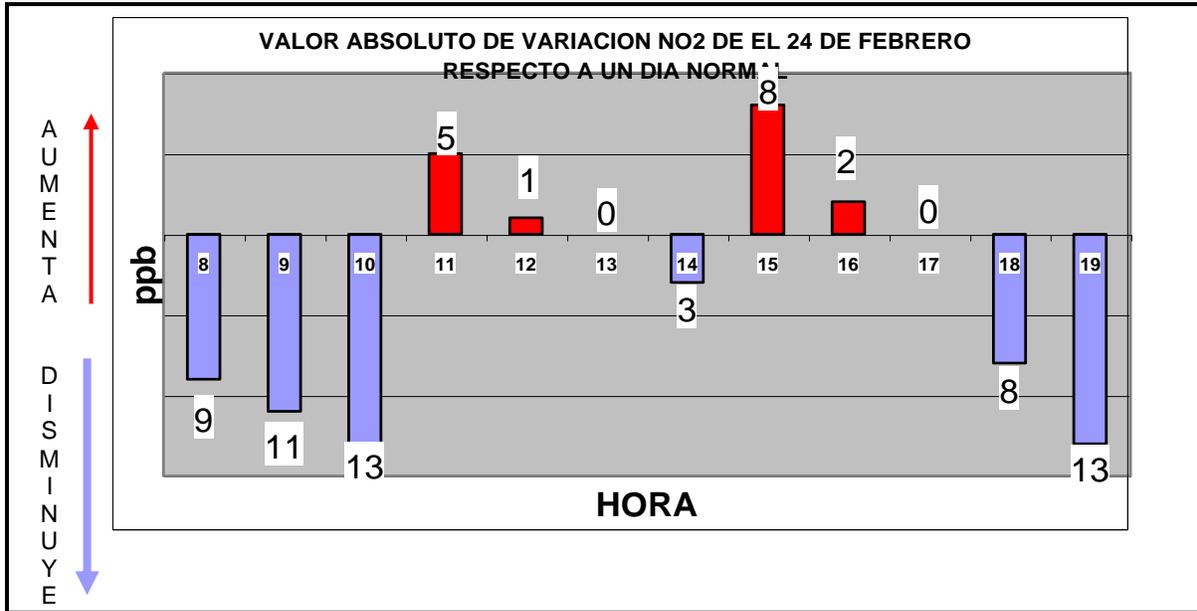
¹⁰ Organización Mundial de la Salud

incrementos en comparación con el día normal. Este comportamiento indica que las máximas reducciones coinciden con las horas de mayor congestión vehicular (tanto el 24 de febrero, como el día normal). Por tanto la reducción es básicamente atribuible a la restricción de la circulación de los vehículos particulares, que tienen el mayor aporte precisamente en las horas pico.

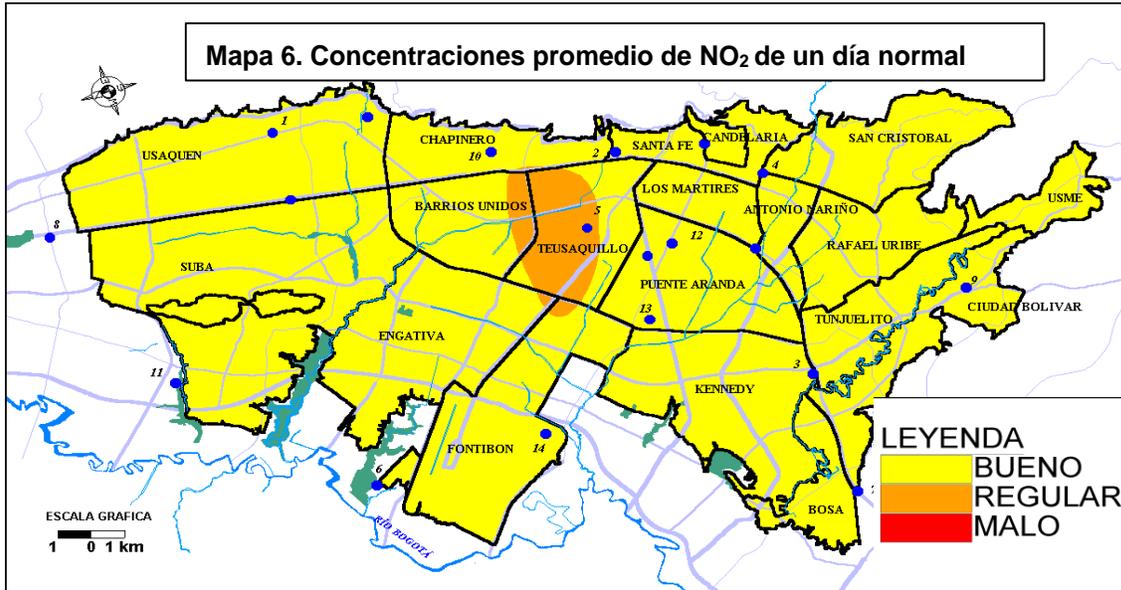


Las reducciones más significativas se concentran en las horas pico. De 11:00 a las 17:00, no se dan reducciones importantes de NO₂. Por el contrario, se presentan algunos incrementos, atribuibles a la congestión en algunas vías troncales¹¹. En general el comportamiento de las 11:00 a las 17:00 del 24 de febrero, tuvo una tendencia muy similar a la del día normal. No se percibe alteración de esta tendencia debido inestabilidad atmosférica, de hecho no existe correlación alguna con la distribución temporal ni espacial de la precipitación. Los vientos con componente SW tuvieron alguna influencia no muy considerable en la dispersión del contaminante, pero no fue muy apreciable.

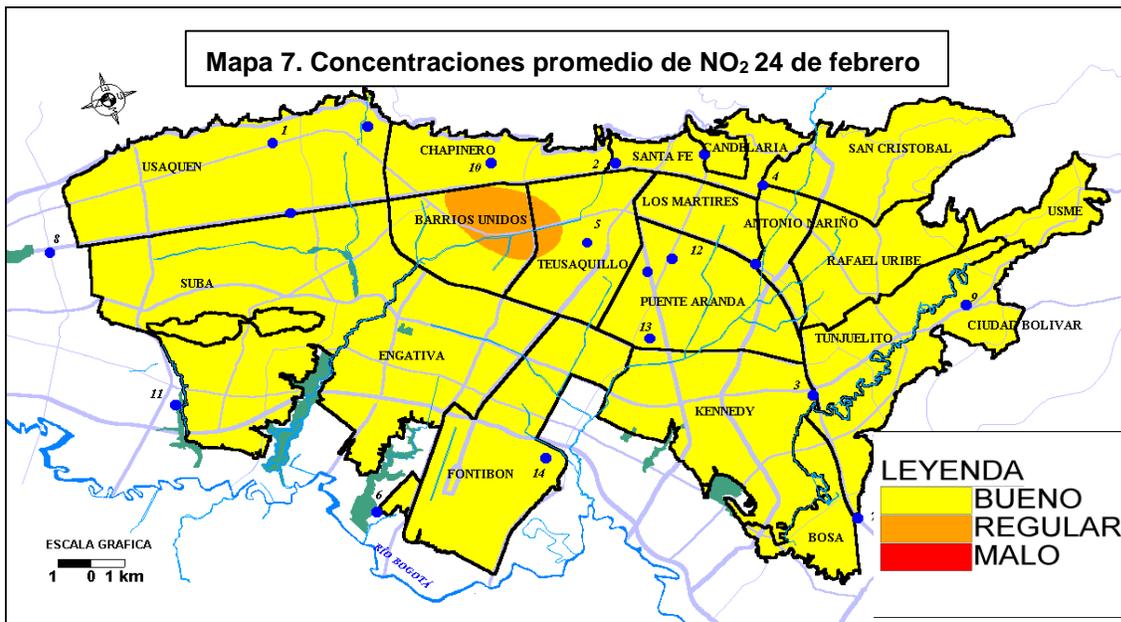
¹¹ Según el informe de conteos vehiculares de la STT, en los puntos de monitoreo de las vías troncales de las 11:00 a las 17:00 del 24 de febrero se concentró el **43%** de los conteos vehiculares. El registro en ese periodo de tiempo fue de 95.000 vehículos frente a un total de 220.000 registrados de las 6.00 las 19:00. La velocidad promedio para el transporte público entrando a Bogotá, desde la 127 a los Héroes, fue de 33 KPH, en tanto que la velocidad promedio para los corredores indicados en el anexo 3 fue de 21 KPH. Para un día normal en los mismos recorridos se registraron velocidades medias de 17 KPH



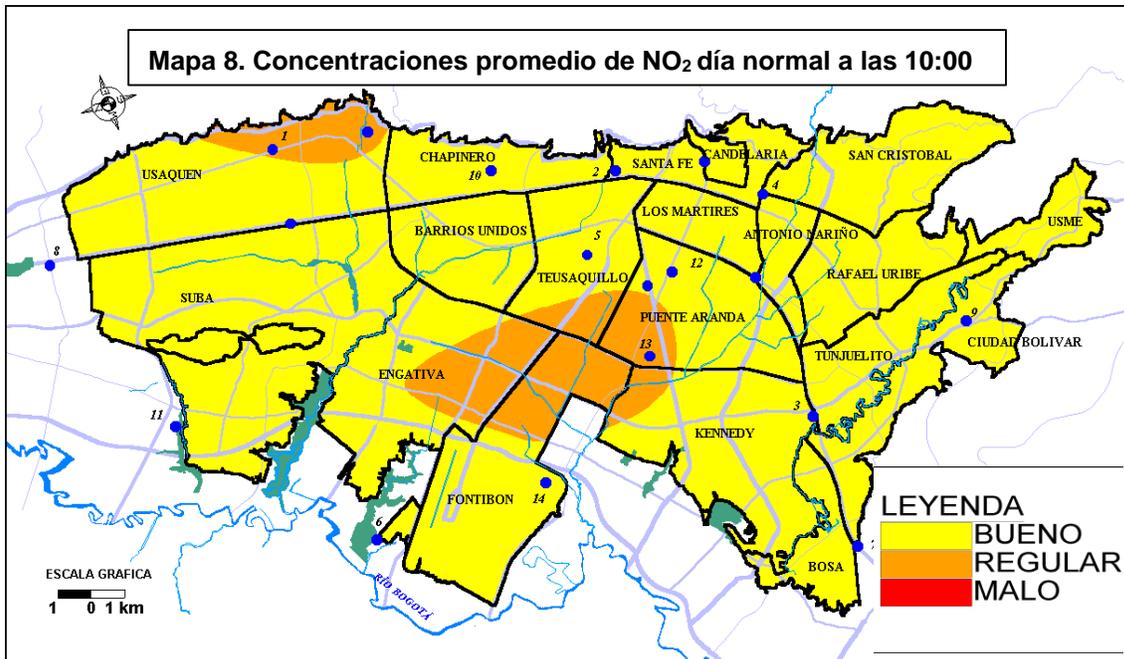
Las localidades que en un día normal recurrentemente presentan niveles elevados de NO₂ son: Teusaquillo, Barrios Unidos y Chapinero (ver mapa 6).



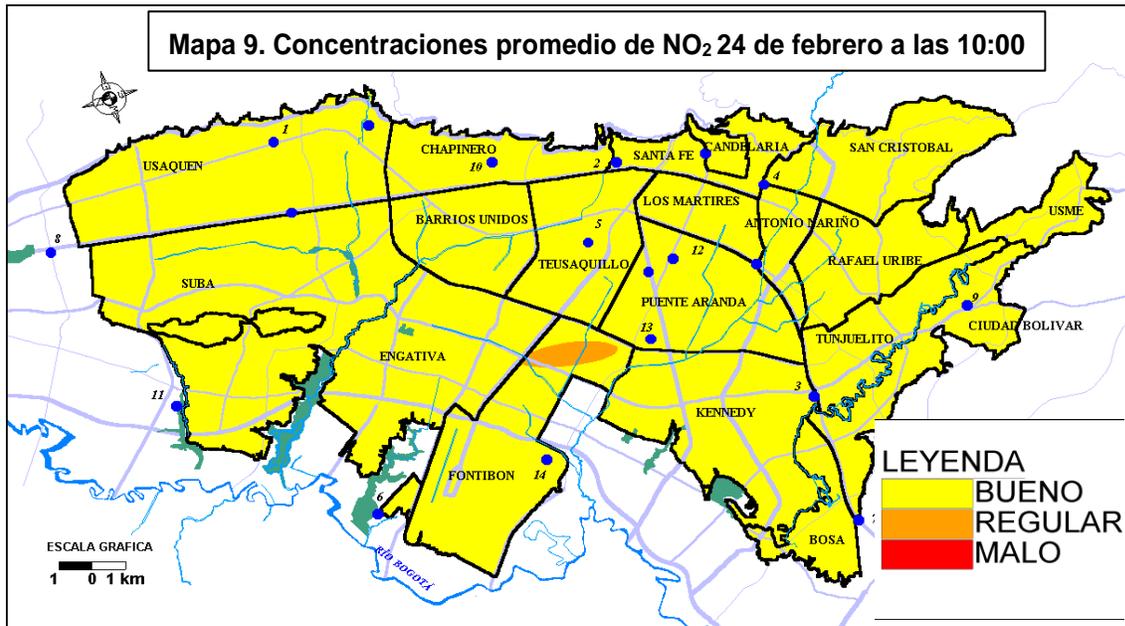
Las localidades que durante la jornada presentaron reducciones importantes de NO₂ durante la jornada son: Usaquén, Puente Aranda y Chapinero (ver mapa 7). No obstante, las mayores concentraciones continúan presentándose en la localidad de Barrios Unidos. Lo anterior, es debido entre otros factores a la confluencia de varias troncales en esta localidad.



El 24 de febrero las mayores reducciones de NO₂ (13 ppb) se presentaron a las 10:00 a.m. en relación en la misma hora del día normal (ver mapas 8 y 9). Este cambio es explicable ya que la precipitación ayudó a la dispersión de este contaminante. No obstante la principal causa de la reducción fue la restricción de circulación de vehículos particulares.



Las mayores reducciones a esta hora se observaron en las localidades de Usaqué, Engativa, Teusaquillo y Puente Aranda (ver mapa 9).



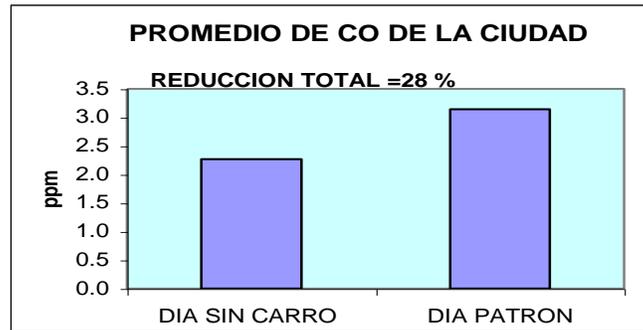
2.3. Monóxido de Carbono (CO)

El promedio de la concentración de monóxido de carbono (CO) de las estaciones de monitoreo, en el día normal fue de 3.1 ppm¹² superando los valores registrados el 24 de febrero (2.3 ppm), presentándose un descenso equivalente al 28 %. Este contaminante está asociado principalmente con los vehículos y su reducción está en relación directa con la disminución de la circulación de los mismos. El monóxido de carbono se produce en mayores cantidades en aquellos motores donde la combustión es incompleta, esta es característica en el parque automotor obsoleto o cuya sincronización es deficiente.

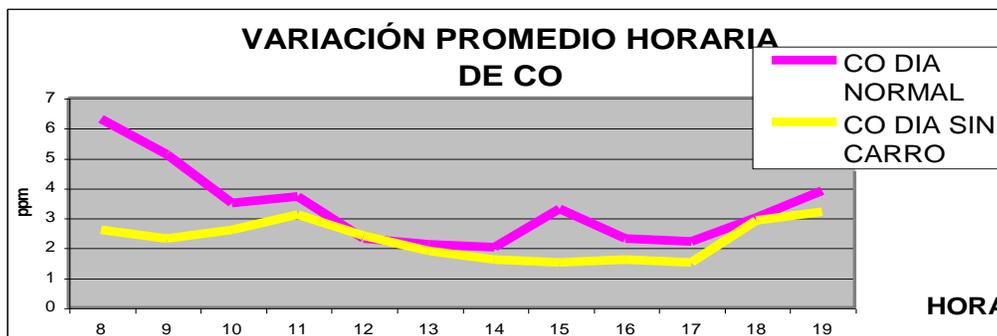
La norma para CO es 40 ppm¹³ para promedio horario, la cual se superó once (11) veces el día normal y tres (3) veces durante la jornada. Lo cual se traduce en un 73 % de reducción del incumplimiento de las normas.

¹² Partes por millón

¹³ Decreto 02/82.



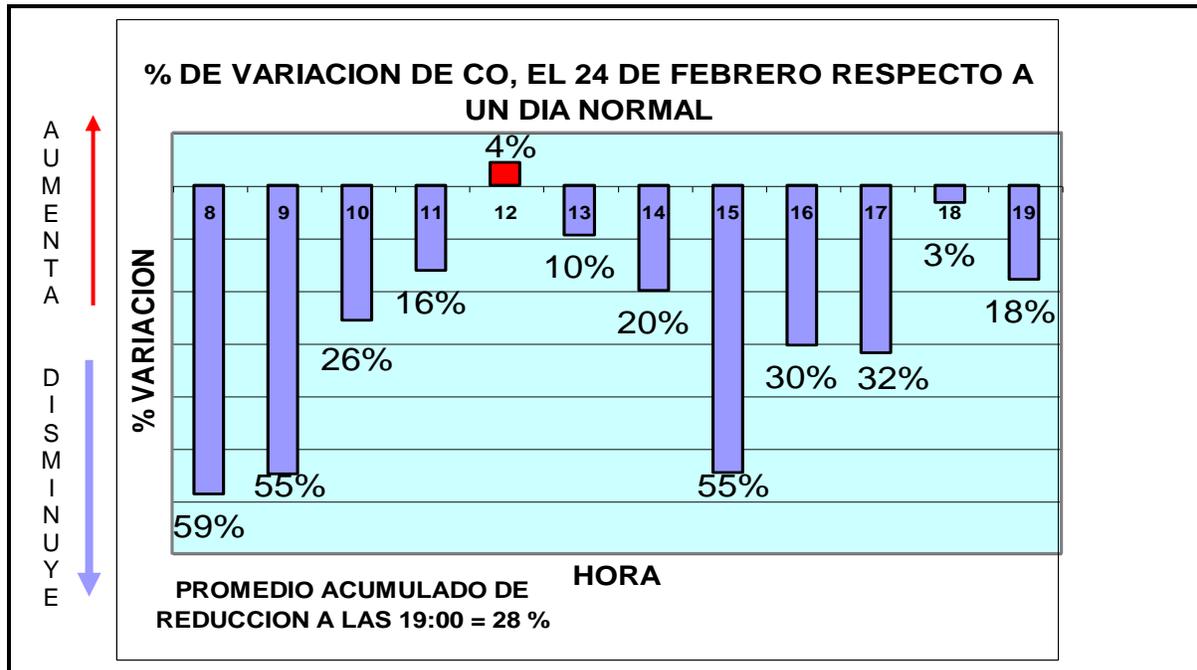
La mayor disminución de los niveles de CO se presentó en las horas pico de la mañana (de 8:00 a 9:00). Se aprecian grandes diferencias de 8:00 a 9:00 del 24 de febrero en comparación con el día normal. El 24 de febrero a las 8:00 no se presentó un pico de concentración tan marcado como en el día normal. El que nuevamente las reducciones más significativas hayan tenido lugar en las horas pico (8:00 a 9:00) refleja que efectivamente el parque automotor (particular) tiene una participación importante en los volúmenes y concentraciones de CO.



Las reducciones de CO más importantes (de más de 50%) se registraron entre 8:00 y 9:00, que coincide con la hora pico a la cual circula gran cantidad de vehículos particulares¹⁴. Esto permite concluir que el parque automotor particular tiene una alta incidencia en el aporte de total de CO y que una restricción en la circulación de estos vehículos no solo redujo la cantidad de CO que por si mismos aportan, sino que los vehículos que

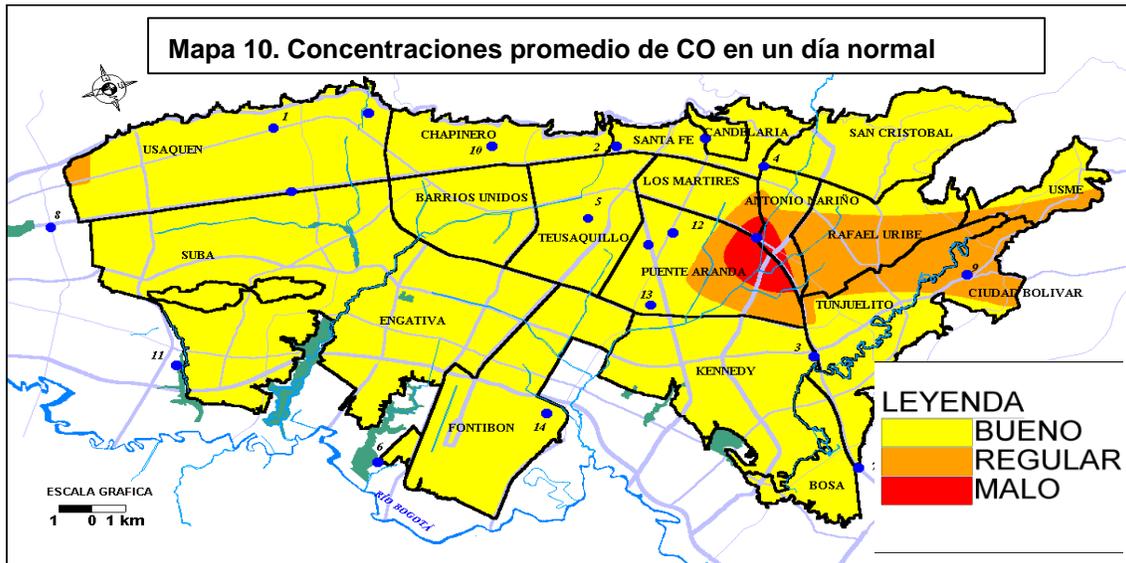
¹⁴ Según la STT de Bogotá (Informe conteo de vehículos), el número de vehículos que se movilizó el 21 de febrero de las 7:00 a las 9:00 fue de 55.505 (medido en cuatro vías troncales), lo que significa que en dos horas se movilizó el 23% de los vehículos particulares que ese día transitaron. El 24 de febrero en las mismas horas el total de vehículos particulares fue de 4.346, es decir que un 33% del total de los vehículos particulares que se movilizaron ese día, lo hicieron de las 7.00 a las 9:00

circularon el 24 de febrero, incrementaron la velocidad¹⁵ y mejoraron los procesos de combustión, generando menos CO que en un día normal.

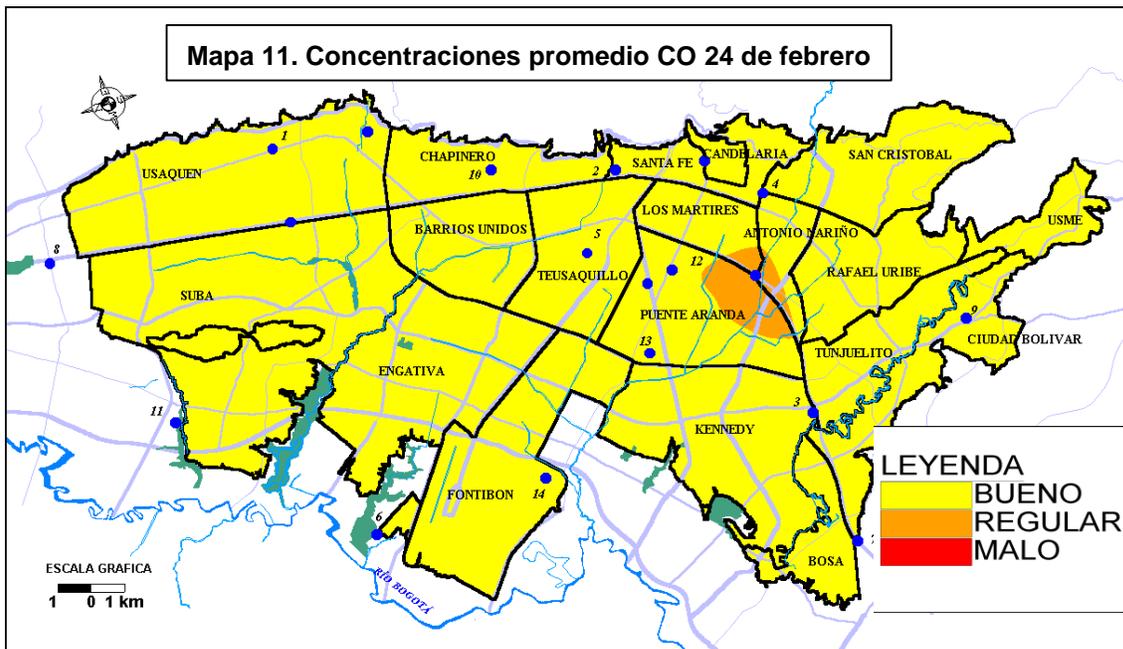


La distribución espacial del comportamiento de este contaminante muestra las localidades que en un día normal recurrentemente presentan niveles elevados de CO: Puente Aranda, Antonio Nariño, Rafael Uribe y Ciudad Bolívar (ver mapa 10).

¹⁵ El mismo informe de la STT, señala que por ejemplo un bus tipo ejecutivo que cubre la ruta: Cra. 30 con Cll. 19 y Autonorte con Cll. 170, el Jueves 17 de febrero realizó ese recorrido a una velocidad promedio de 20,6 k/h y el jueves 24 de febrero lo hizo a una velocidad media de 30,2 k/h.

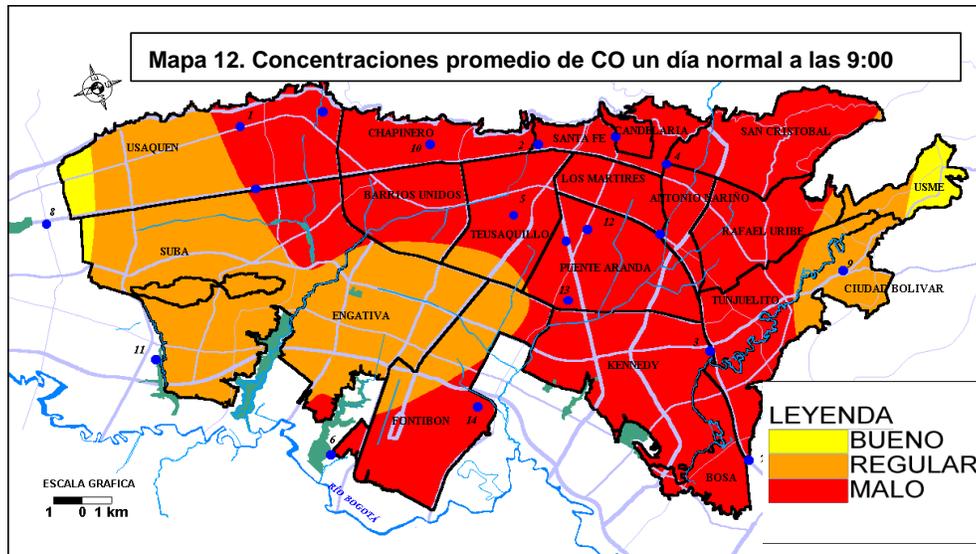


Las localidades que durante la jornada presentaron reducciones importantes de CO fueron: Puente Aranda, Rafael Uribe, Ciudad Bolívar, Barrios Unidos,



Chapinero, Teusaquillo, Los Mártires, Santa Fe la Candelaria y Fontibón (ver mapa 11).

Las mayores reducciones de CO se presentaron a las 9:00 a.m. en relación con la misma hora del día normal. En un día normal a esta hora se incumple la norma en casi toda la ciudad. Estas elevadas concentraciones son producto de la circulación de más de cien mil de vehículos¹⁶ en las horas pico, además de los aportes de la industria (ver mapa 12).



Las mayores reducciones a ésta hora (9:00) se observaron en el norte y sur occidente de la ciudad (ver mapa 13) en las localidades de: Usaquén, Suba, Engativá, Fontibón, Kennedy, Tunjuelito y Ciudad Bolívar

¹⁶ Informe conteo de vehículos, STT. 24 de febrero del 2000

3. Balance del comportamiento de la contaminación atmosférica en 4 vías troncales

Se realizó un monitoreo especial en cuatro puntos estratégicos de la ciudad sobre las vías de mayor flujo vehicular:

- Avenida ciudad de Quito con Calle 8 Sur
- Autopista Norte con calle 127 A
- Carrera 7 Con calle 108
- Avenida de las Américas con Carrera 50

3.1. Material particulado menor de 10 micras

Como se puede apreciar en las gráficas siguientes, el material particulado (PM10) sobre las troncales durante el 24 de febrero presentó un incremento promedio del 3% en relación con el promedio de los cuatro días anteriores (20 a 23 de febrero), observándose que desde el comienzo de la jornada hasta las 16:00 los niveles hora a hora estuvieron por encima del promedio. Antes de analizar las causas de tal incremento es necesario tener en consideración los siguientes indicadores provenientes del informe de la STT:

Indicador	24 de febrero	Promedio 4 días anteriores
Velocidad media vehículos públicos(*)	21 KPH	17 KPH
Conteo de vehículos (**)	220.307	346.540

(*) Medida en rutas específicas del 15 al 22 de febrero (ver anexo 3)

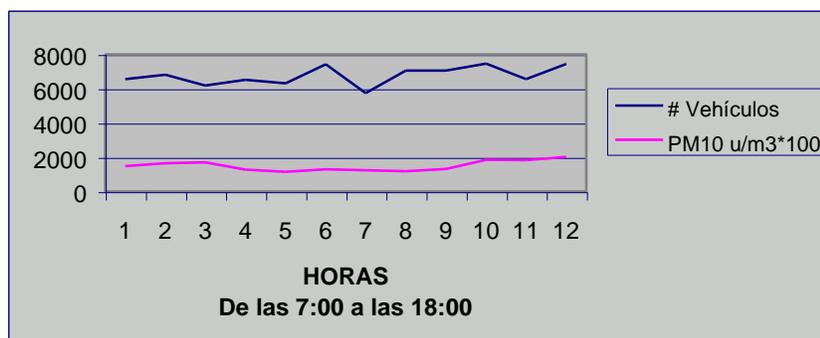
(**) Medida en las cuatro troncales en los dos sentidos de las 6:00 a las 19:00 (ver anexo 3)

Los promedios de PM10 registrados en las 4 estaciones fueron:

Promedio PM10 20 al 23 de febrero (de las 8:00 a las 19:00)	150.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Promedio PM10 24 de febrero (de las 8:00 a las 19:00)	154.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incremento el 24 de febrero respecto al promedio de los 4 días anteriores	4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
% de incremento el 24 de febrero respecto al promedio de los 4 días anteriores	3%

La tendencia de la gráfica muestra que hasta las 16:00 los promedios de PM10 del 24 siempre estuvieron por encima del promedio de los 4 días anteriores. Incluso a las 15:00 se presentó un pico de PM10 atípico que contribuyó a elevar los valores del 24 de febrero.

La explicación de tal comportamiento tiene cierta complejidad: por una parte se observa que la velocidad de desplazamiento promedio el 24 fue mayor (se incrementó en un 23%) y el número de vehículos del conteo se redujo en un 36%. Comparando las series del promedio del conteo de los días 21, 22 y 23 de febrero contra los promedios de las concentraciones de PM10 de estos mismos días, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.33, lo que indica que existe una baja relación entre el flujo (conteo) vehicular y la generación de PM10. No se puede afirmar que a menor cantidad de vehículos menor PM10, de hecho esto se demuestra con los datos del 24 de febrero.



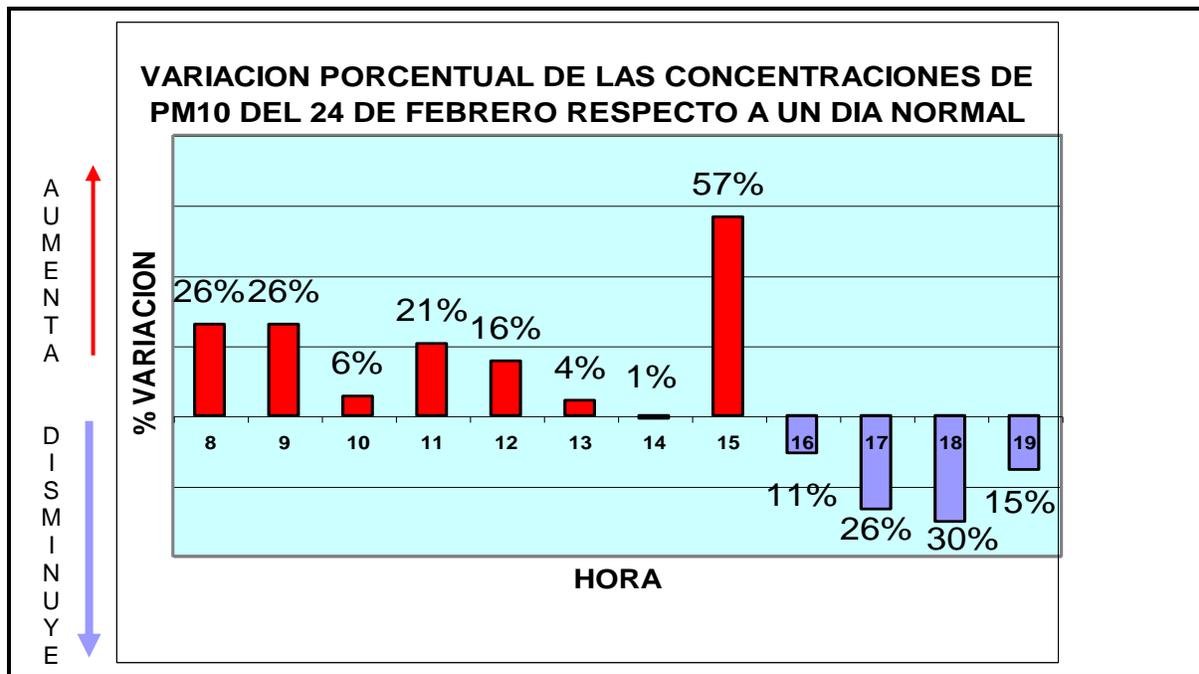
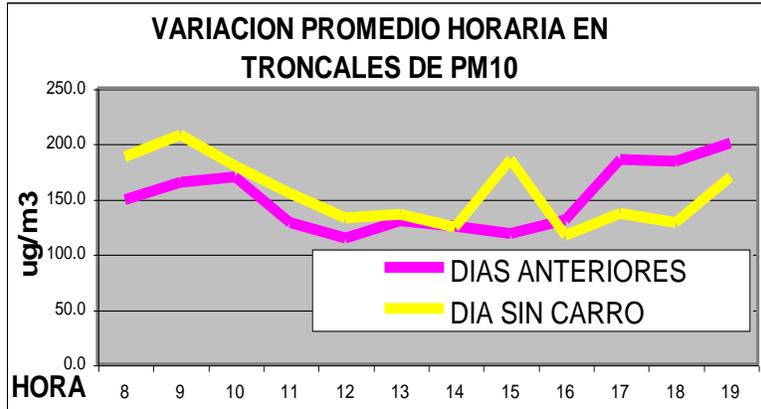
El PM10 tiene una relación más directa con otros factores como la velocidad de desplazamiento: se incrementó la velocidad media de desplazamiento de

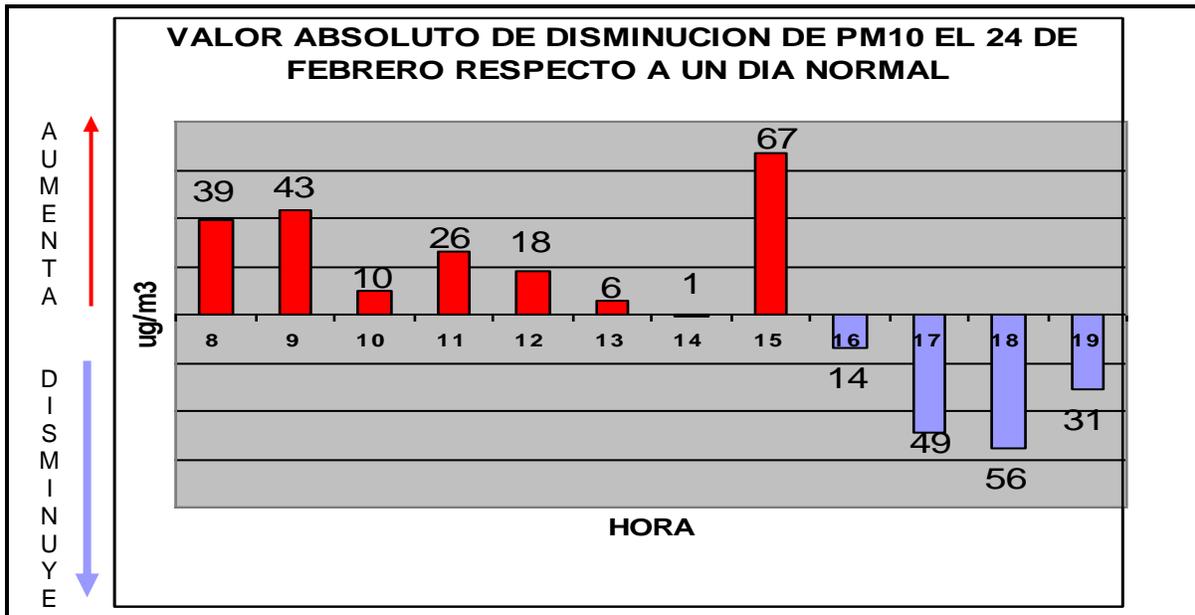
los vehículos por tanto se “levantó” más material particulado. Adicionalmente el estado de las vías y las obras que actualmente se ejecutan es un factor que influye. No se cuenta con datos horarios sobre velocidad media de desplazamiento, por tanto lo anterior se constituye en una hipótesis a demostrar posteriormente.

Analizando la gráfica de la variación del promedio horario de PM10, se observa que uno de los valores que más afectó el promedio el 24 de febrero fue el registrado a las 15:00. De la revisión de los datos estación por estación, se observa que en la estación de Puente Aranda, se generó esta situación atípica. En esta estación el 24 de febrero a las 15:00 se registraron $310 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en tanto que el promedio de los cuatro días anteriores fue de $124,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo anterior se debió posiblemente a un incremento de la actividad industrial y por tanto de las emisiones de PM10, entre las 14:00 y las 16:00.

Es de anotar que las concentraciones del 24 fueron más altas que el día normal hasta las 16:00. A pesar que no exista una relación muy alta entre el conteo vehicular y la generación de PM, se puede concluir que la superación de las concentraciones antes de las 16:00 en parte, pudo obedecer en parte (10%) a la congestión que se presentó en algunas troncales, sobre todo en las horas de mañana debido al poco espacio que se dejó para los vehículos. En las horas de la tarde y después de que se tomaron algunos correctivos para mejorar el flujo vehicular en las troncales¹⁷, la concentración de PM10 presentó una disminución entre un 10 y un 30 % aproximadamente.

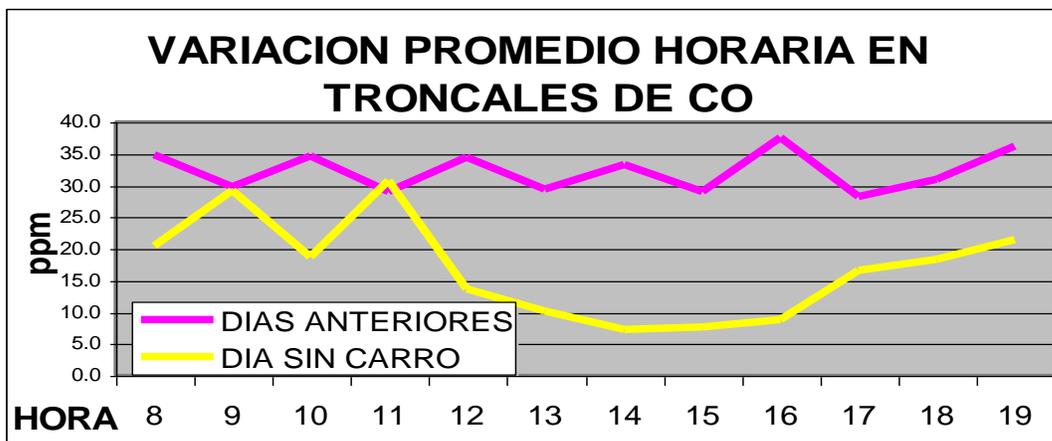
¹⁷ Se redujo el número de carriles de las vías inicialmente destinados a transporte alternativo: bicicletas, a pie, etc.





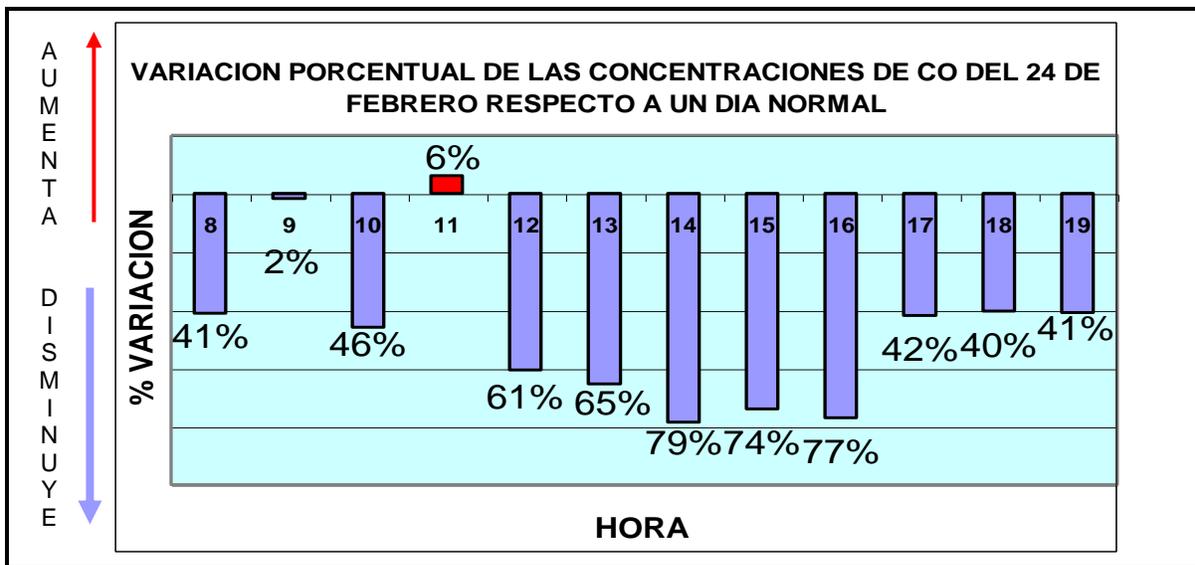
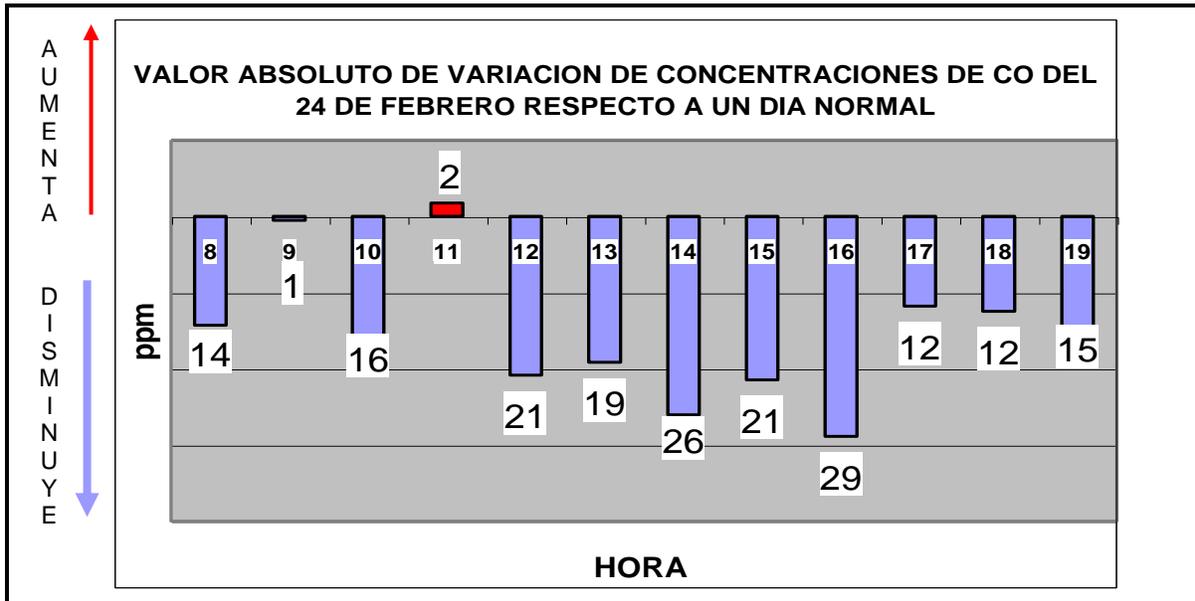
3.2. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) sobre las troncales durante el día 24 de febrero, presentó una disminución promedio del 47%, obteniéndose reducciones horarias entre un 40% y un 77 %.



Unicamente a las 9:00 y las 11:00 se igualaron los valores registrados el 24 de febrero a los del día normal, el resto del tiempo estuvieron por debajo del

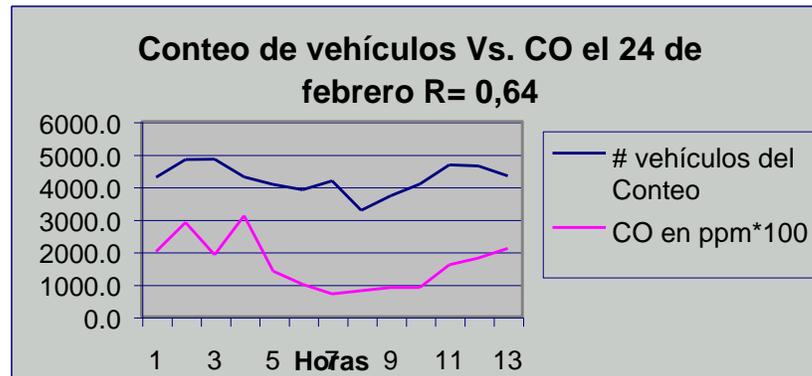
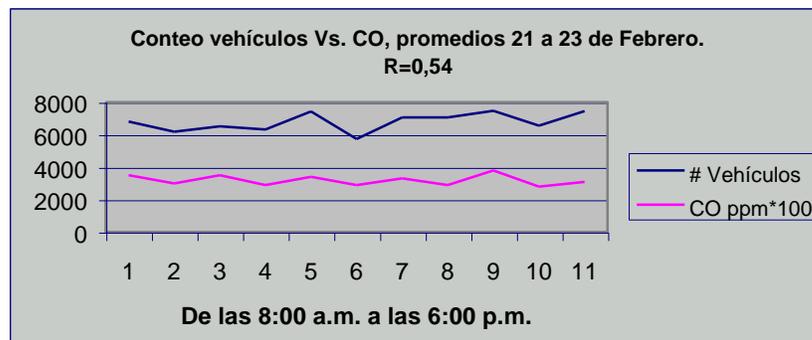
día normal. Las reducciones más significativas se registraron de las 12:00 a las 16:00



Las reducciones de CO a las horas pico de tráfico tuvieron comportamientos muy diferentes en la mañana y en la noche. En este sentido se presentó una reducción del 41% a las 19:00 en tanto que a las 9:00 tan solo fue del 2%, lo anterior probablemente debido a la congestión que en la mañana se

presentó algunas de vías troncales. Por la tarde se observa el resultado de la ampliación de algunos carriles para la circulación de vehículos.

La correlación entre las concentraciones de CO y el conteo vehicular son altas: 0.64 para el 24 de febrero y 0.54 para los promedios de los días 20 a 23 de febrero. Lo anterior permite concluir que el efecto de reducción de CO en las troncales, por lo menos en un 41% se debió a la restricción de vehículos particulares.



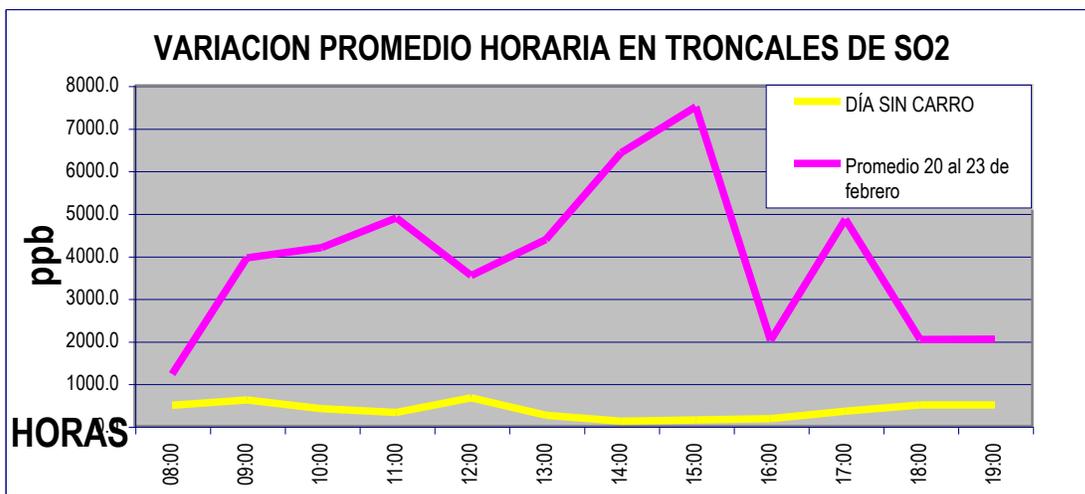
Se colige que una reducción promedio del 36%¹⁸ de circulación de vehículos entre las 7:00 a las 19:00 permitió obtener una reducción del 41% de la contaminación por CO. Lo anterior significa no solo los vehículos

¹⁸ Según la STT, en los sitios de muestreo de 7:00 a 19:00, del 21 al 23 de febrero en promedio se registró un conteo de vehículos de 346.540 frente a un conteo el 24 de febrero de 220.307. Lo anterior significa una reducción del 36% del flujo total de vehículos para las horas de registro.

particulares tienen un aporte significativo de CO, sino que la restricción de circulación de los mismos hizo que las velocidades medias de desplazamiento del transporte público se elevaran y por tanto la combustión de los vehículos que el 24 de febrero circularon mejorara, disminuyendo el aporte de CO que normalmente estos realizan¹⁹.

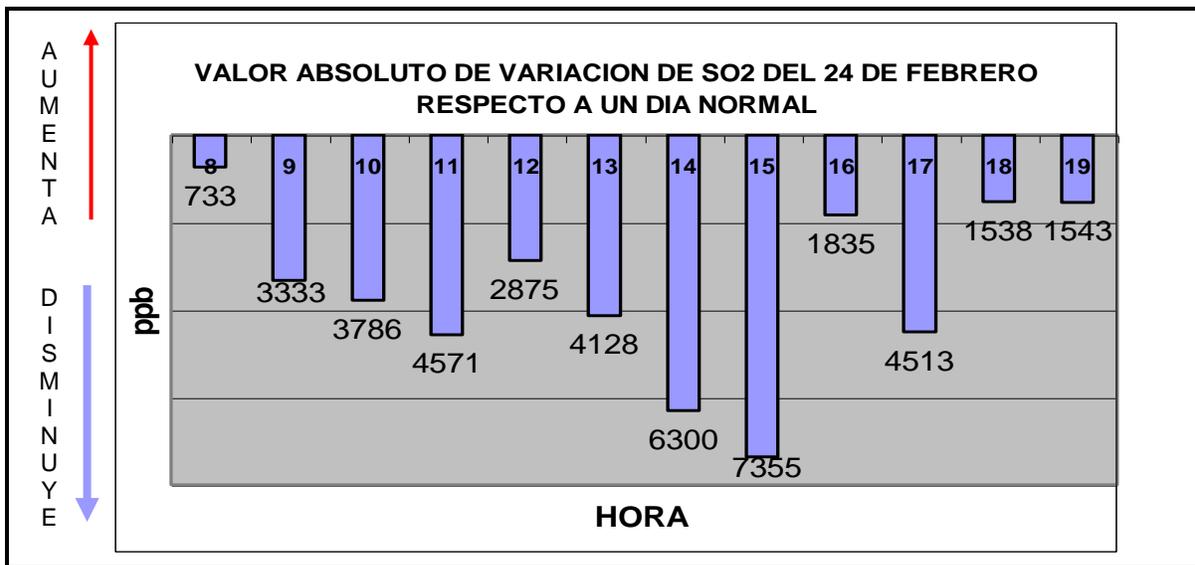
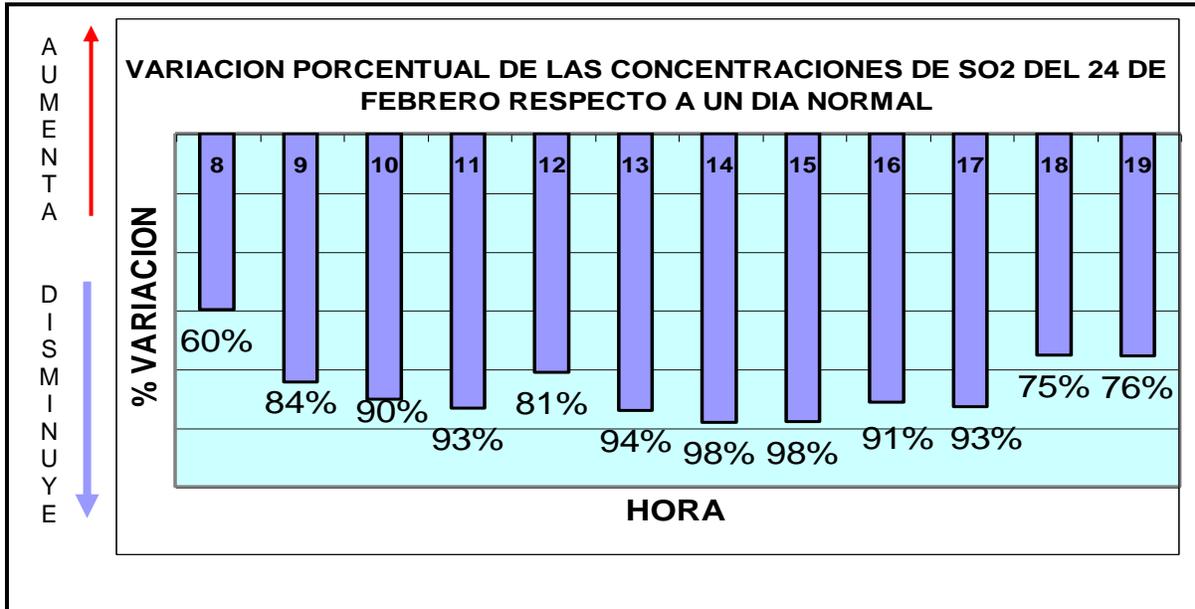
3.3. Dióxido de Azufre (SO₂)

Tal como se puede observar en las gráficas, el dióxido de azufre (SO₂), sobre las troncales durante la jornada, presentó la mayor disminución promedio (86%), obteniéndose disminuciones horarias entre un 60% y un 89 %.

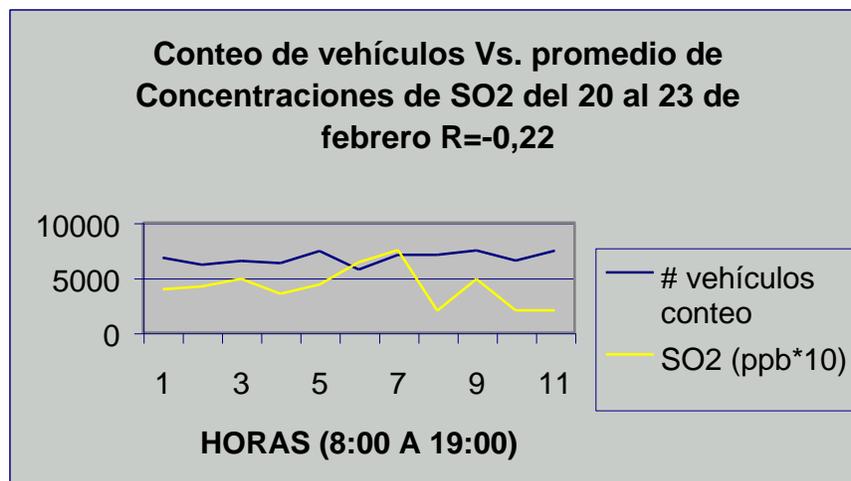
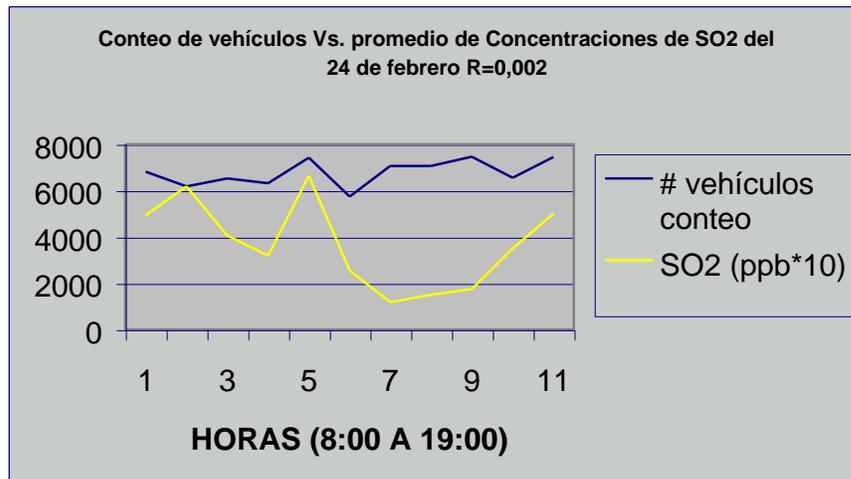


Las reducciones más significativas se registraron de las 13:00 a las 17:00. Las reducciones menos importantes se presentaron en las horas pico.

¹⁹ El promedio de concentración horaria de CO del 20 al 23 de febrero fue de 32,2 ppm, y el 24 de febrero fue de 16,8 ppm



La correlación entre el conteo de vehículos y las concentraciones medias de SO₂, son muy bajas. Como hipótesis inicial, se puede concluir que la relación no es directa con el número de vehículos, sino con las velocidades de desplazamiento. Entre más exigencia tengan los motores de los vehículos (arranque-parada) en las horas de mayor tráfico, se presentan los mayores niveles de SO₂. La generación de SO₂ también se atribuye al mal mantenimiento y sincronización de los vehículos.

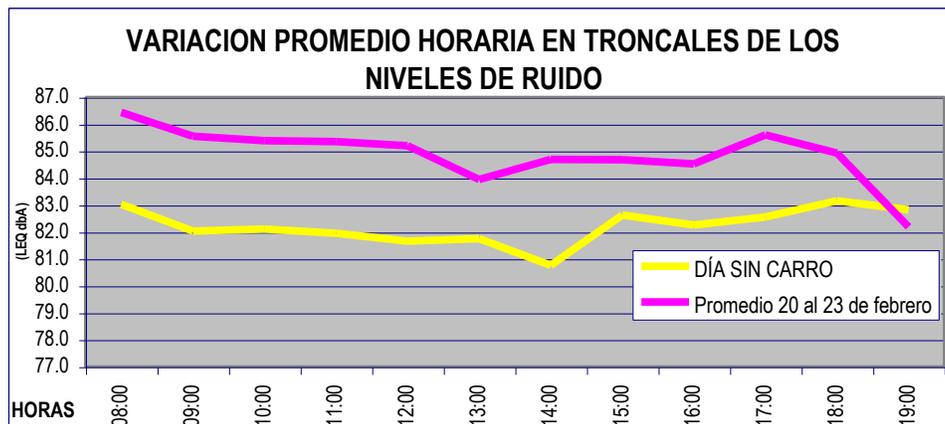


El coeficiente de correlación entre la serie de precipitación media del 24 de febrero Vs. Niveles de concentración de SO₂ es de -0.74, lo que significa que por lo menos el 54% de estas, estuvo en relación directa con la precipitación. El índice de correlación entre la serie de totales horarios de lluvia del 24 y el promedio horario del día normal fue de -0,32. Es un índice bajo, a pesar que la lluvia total para los dos días fue bastante similar (58 y 56 mm, respectivamente). Lo que hace que el R sea bajo es la distribución temporal (horaria de la misma).

Se concluye que la reducción de SO₂ en las troncales se debió por una parte a un efecto de “lavado” de la atmósfera en las horas de la tarde como consecuencia de la precipitación (con igual volumen pero con diferente distribución temporal) y por otra al incremento de la velocidad de circulación del parque automotor público.

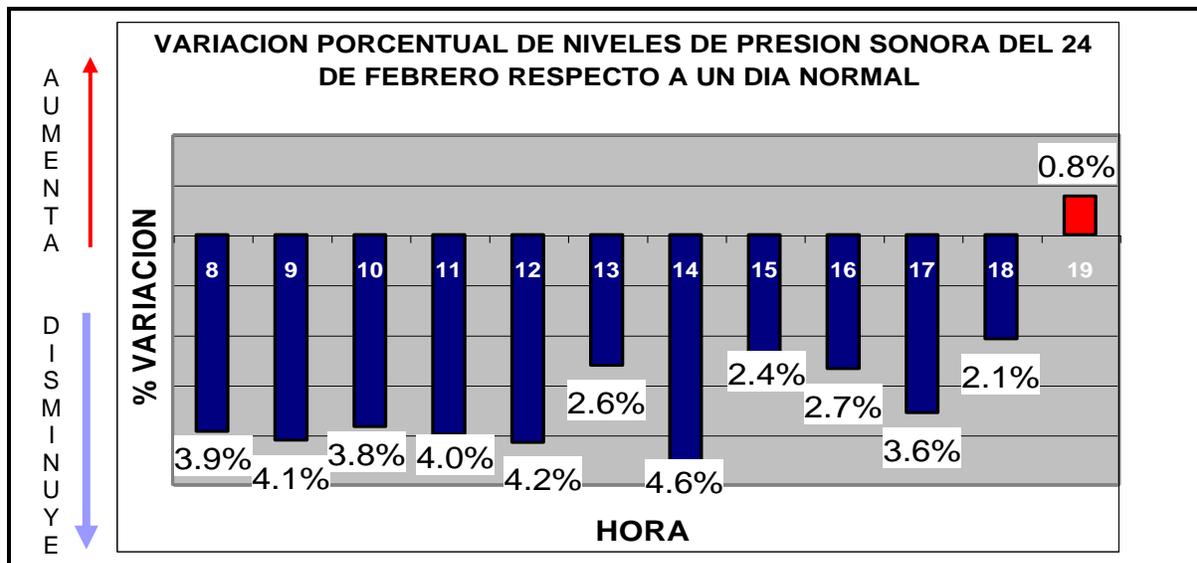
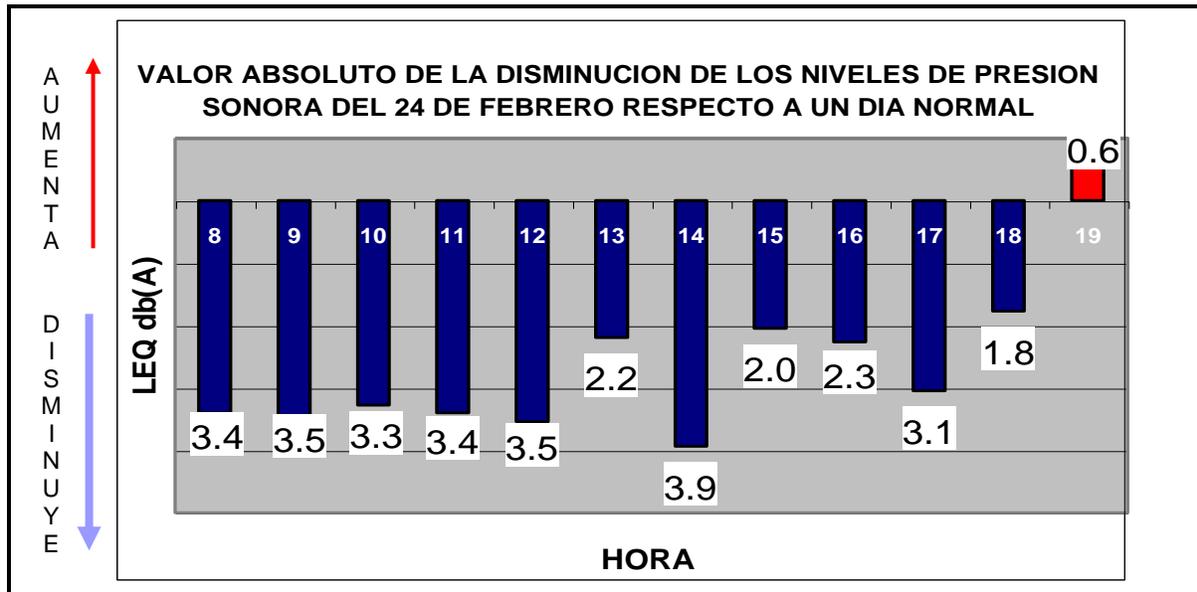
3.4. Presión sonora

Se redujeron en un promedio de 4 % los niveles de presión sonora, lo cual es muy significativo considerando que la escala de ruido se comporta en forma exponencial.



La correlación entre los niveles de presión sonora y el número de vehículos es alta. El cálculo realizado arrojó los siguientes índices de correlación:

Para el 24 de febrero un $R=0,62$ y para el promedio del 20 al 23 de febrero un $R=-0,44$. Esto indica que por lo menos el 40% de la reducción de ruido obedeció a la restricción de circulación de los vehículos.



Las mayores reducciones se lograron en las horas pico de la mañana (8:00 a 9:00). En la gráfica se puede observar que entre las 19:00 y las 20:00, cuando la jornada terminó, los niveles de ruido el 24 fueron superiores a los de un día normal

La reducción de los niveles de ruido, obedece a la restricción de circulación de los vehículos particulares y la utilización de medios de transporte alternativos: bicicleta, patines o a pie.

4. Emisiones totales a la atmósfera

Con base en los factores de emisión para Fuentes Móviles (JICA 1992), se realizó un cálculo teórico inicial, el cual indicó que durante la jornada “SIN MI CARRO EN BOGOTÁ”, debido a la no circulación²⁰ de vehículos particulares durante este día, se dejaron de emitir contaminantes al aire en las cantidades (toneladas) descritas a continuación:

Hidrocarburos (HC):	64 Toneladas
Monóxido de carbono (CO):	792 Toneladas
Dióxidos de nitrógeno (NO ₂):	27 Toneladas
Dióxido de azufre (SO ₂):	4 Toneladas

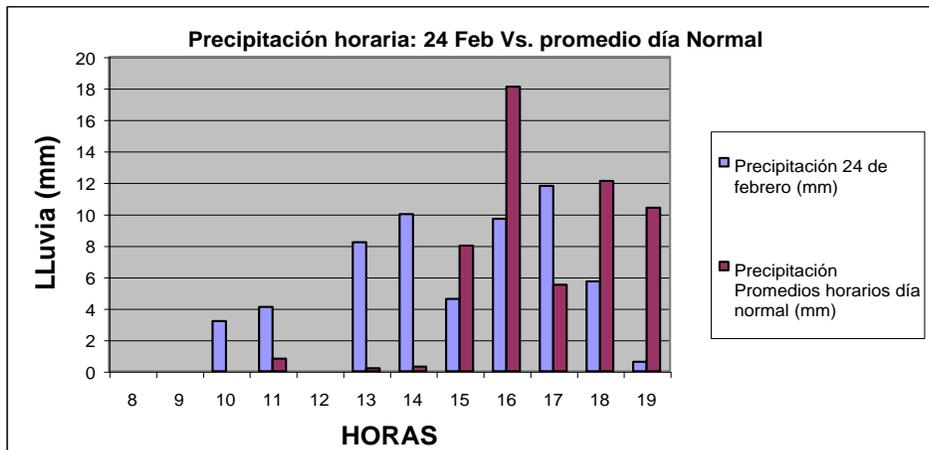
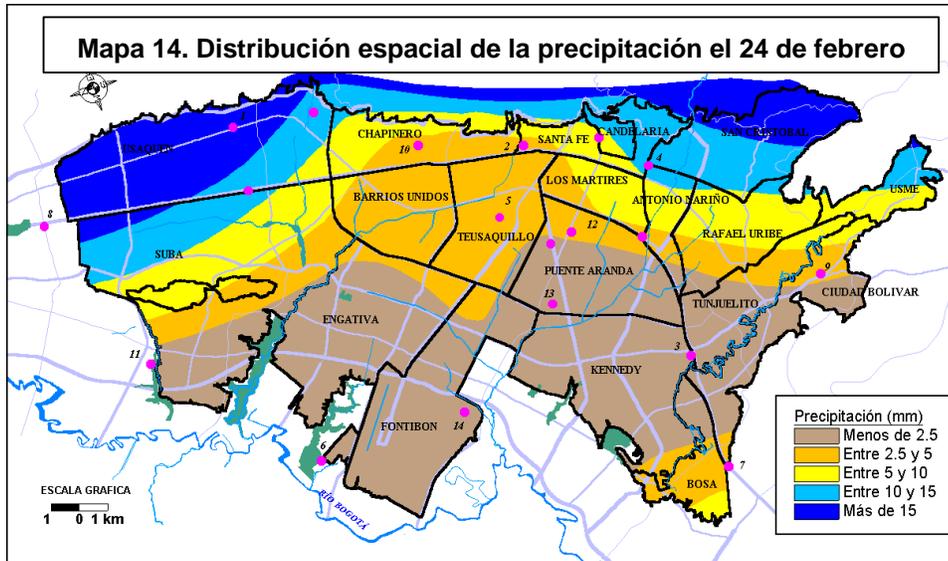
5. Correlación de entre la contaminación atmosférica con el comportamiento meteorológico

5.1. Precipitación

El total de precipitación el 24 de febrero, desde las 6:00 a.m. a las 7:00 p.m. fue de 47.1 mm presentándose las mayores lluvias en el norte y oriente de la ciudad. La estación que mayor volumen de lluvia registró fue la estación de la U. Bosque. En el nororiente de la ciudad (localidad de Usaquén) se concentró el 50% del total de la lluvia en la ciudad (durante 12 horas) .

El mapa 14. presenta la distribución de las lluvias en la ciudad durante la jornada. La lluvia se concentró en el oriente, nororiente y suroriente de la ciudad.

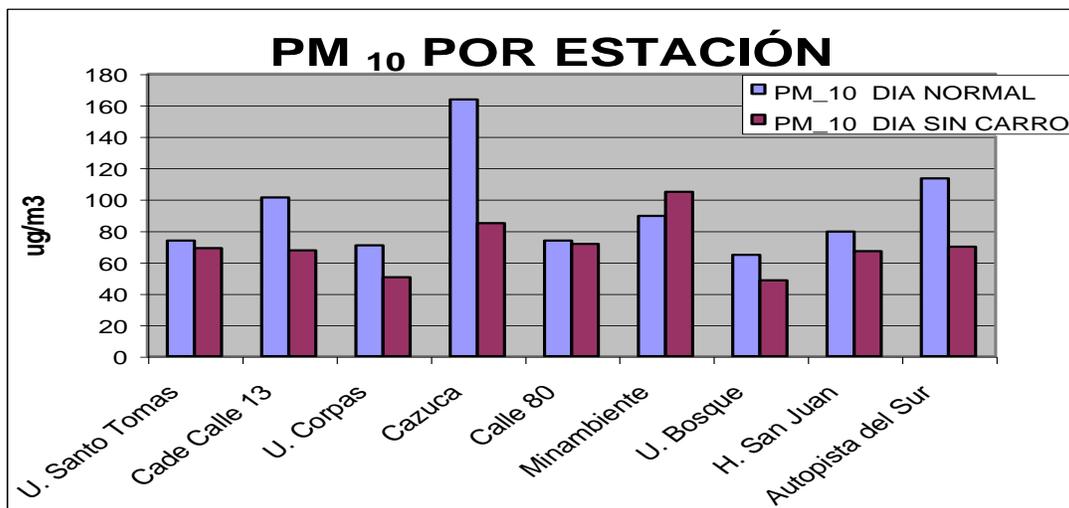
²⁰ Es de anotar que de acuerdo con la información suministrada por el Centro Nacional de Consultoría (encuesta), aproximadamente el 20% de los usuarios de vehículos particulares, utilizó este medio para transportarse este día. (llegaron a sus sitios de trabajo antes de la aplicación de la medida y regresaron después de la misma)



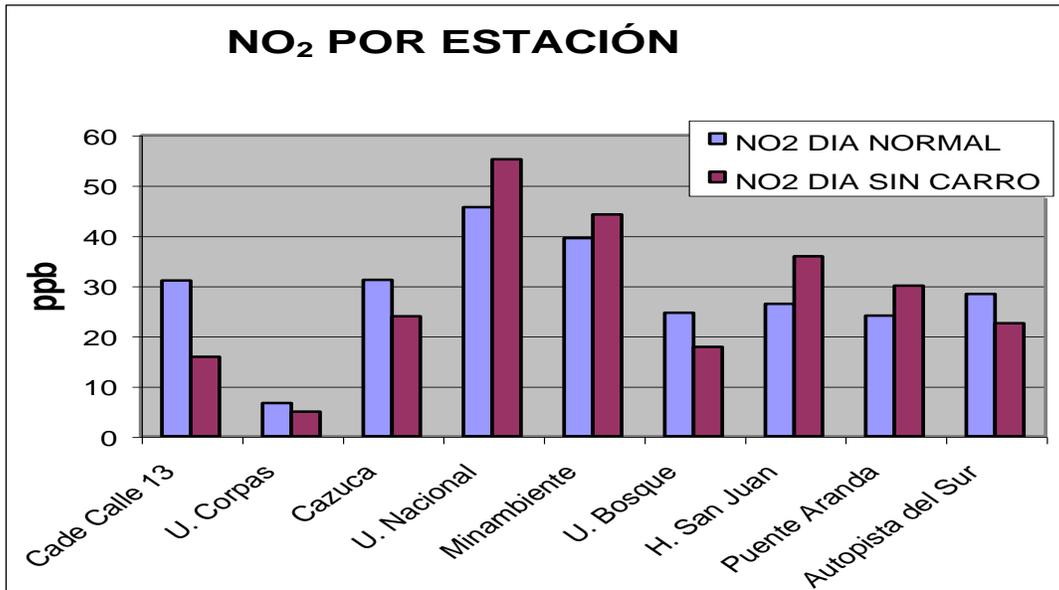
En la gráfica anterior se observa que los mayores valores de precipitación se registraron en horas de la tarde (de las 13:00 a las 19:00). Este comportamiento tiene una relación inversa con las concentraciones de material particulado a nivel de toda la ciudad (no de las troncales) y un coeficiente de correlación de $-0,68$. El contaminante registró las máximas concentraciones en las horas de la mañana (7:00 a 12:00), precisamente en las horas en donde los volúmenes de precipitación fueron bajos o no se

presentó lluvia. En las horas de la tarde el PM10, se redujo a causa de la presencia de precipitaciones que “lavarón” la atmósfera decantando este contaminante. En cualquier caso la reducción efectiva de PM10, fue un hecho ya que el día normal registró 56 mm frente a 58 mm del 24 de febrero.

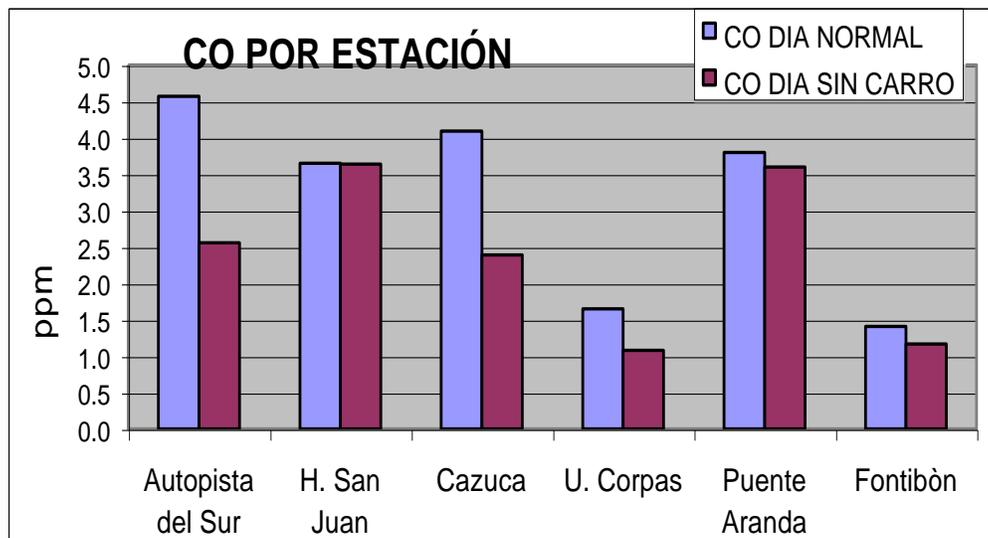
La estación de la U. Bosque fue la que presentó las menores concentraciones de PM10 fue a su vez la estación en la que se presentaron las mayores precipitaciones.



Los óxidos de nitrógeno se incrementaron principalmente en las estaciones cercanas a las vías de alto tránsito, debido a que las ciclovías redujeron el espacio para el tránsito del transporte público. No se observó relación alguna entre la distribución temporal de la precipitación y la del NO₂. Sin embargo en cuanto al comportamiento espacial se observa que este contaminante se redujo de forma más significativa en las localidades que presentaron mayor precipitación (estación U. El Bosque)



Las concentraciones de monóxido de carbono igualmente muestran una relación inversa con la presencia de lluvia. Las mayores concentraciones de CO, se registraron de 7:00 a 12:00 y en la tarde se redujeron. No obstante las concentraciones mínimas no corresponden con los mayores volúmenes de precipitación. La reducción (% de variación) horaria no muestra correlación aparente con la distribución temporal de la precipitación.

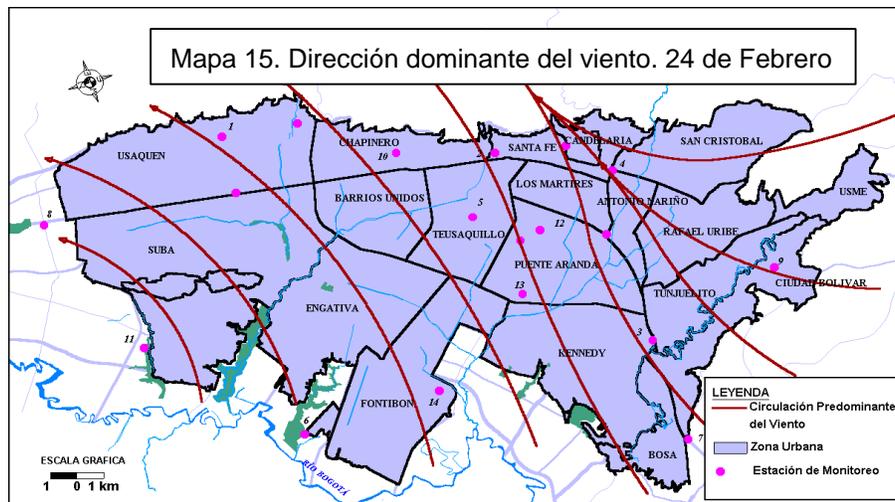


5.2. Viento

Los vientos presentaron bajas velocidades, predominando las calmas en casi todas las estaciones de la red. Las bajas velocidades (ver anexo 3) del viento no favorecieron la dispersión de los contaminantes en la ciudad.

- U. Bosque : 62.5 % de calma
- Minambiente: 87.5 % de calma
- Autopista del sur : 54.5 % de calma
- H. San Juan : 29.1 % de calma
- U. Nacional : 70.8 % de calma
- Cazuca: 25 % de calma

- U. Santo Tomás: 66.6 % de calma
- U. Corpas: 54.1 % de calma
- Cade calle 13 : 70.8 % de calma
- Fontibón: 0 % de calma



La dirección dominante de los vientos el 24 de febrero fue del SW. Es característico de los vientos con esta componente, que depositen el material particulado cuando encuentran un obstáculo del sistema orográfico, en este caso, los cerros orientales y sistema orográfico del sur occidente (Sierra Morena). Lo anterior explica que las mayores concentraciones de los tres

contaminantes monitoreados (CO, PM₁₀ y NO₂) se hayan presentado en las localidades de Usaquén, Chapinero, Bosa y Ciudad Bolívar.

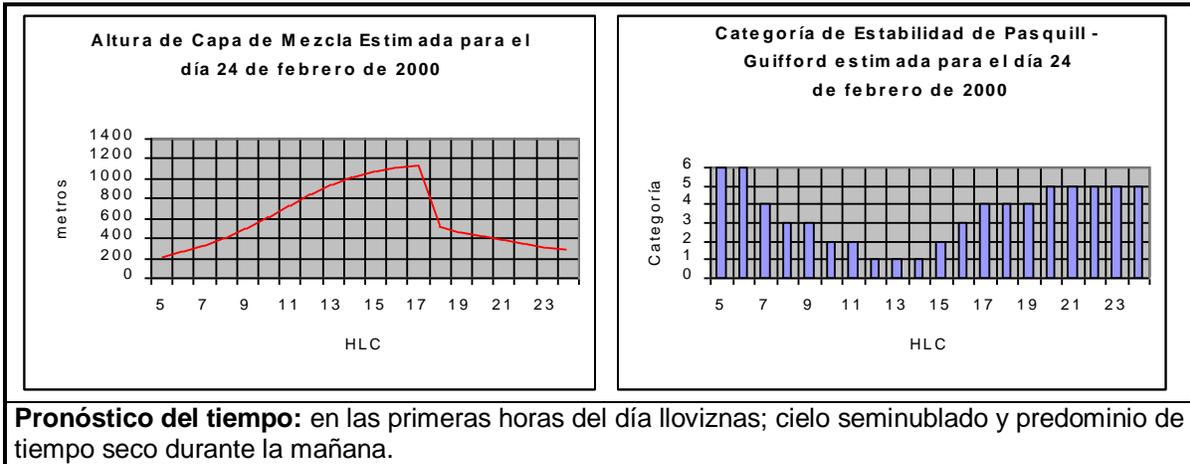
5.3. Pronóstico de estabilidad

El IDEAM realizó el siguiente pronóstico meteorológico para la ciudad el 24 de febrero.

SINOPSIS METEOROLOGICA
<p>Un flujo anticiclónico, domina la circulación en el Mar Caribe. En niveles superiores se aprecia una corriente en chorro con vientos entre 70 y 90 nudos. En Colombia, predomina un flujo del noreste hacia el suroeste en niveles inferiores; en los medios y altos se aprecia un sistema de circulación anticiclónica. Los vientos son ligeros y en la parte central del país, se presentan inestabilidades de intensidad moderada.</p> <p>El eje de nubosidad y convección asociado a la Zona de Confluencia Intertropical -ZCIT, en el Atlántico se ubica sobre el ecuador geográfico con actividad convectiva entre moderada y fuerte y aislada. En el Pacífico Oriental se centra a lo largo de 5°N entre el litoral colombiano y los 110°W, registra actividad convectiva moderada,</p> <p>Las últimas imágenes de satélite, muestran una masa húmeda, acompañada de nubosidad en capas que se desplaza desde el suroriente del país hasta cubrir la mayor parte de las regiones Andina, Amazónica y Pacífica y parte del sur y centro de la Orinoquia.</p>

RESULTADOS DEL SONDEO DE BOGOTA A LAS 7:00 A.M.	
INVERSIONES TERMICAS: Entre 2.596 metros (-3.1°C) y 2.728 metros (-2.3°C) y entre 3.511 metros (-7.9°C) y 3.607 metros (-7.1°C), isoterma entre superficie y 11 metros.	
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO HASTA 3045 MTS (500 MB): 76.0%	
ANÁLISIS: La humedad relativa permanece en valores altos hasta 2.596 metros, luego desciende y se mantiene estable entre 3.289 y 3.511 metros.	
ESTABILIDAD DEL PERFIL ATMOSFERICO	
De superficie a 1000 metros	Estable hasta 11 ms, luego Cond. Estable
De 1000 a 2500 metros	Cond. Estable
De 2500 a 3000 metros	Estable hasta 2.728 ms, Cond. Estable

PRONOSTICO DE PARAMETROS METEOROLOGICOS			
HORAS	DIR. VIENTO	VEL. VIENTO	NUBOSIDAD
07-12	Calma	Calma	Par. nublado
13-16	NW	14.8 k/h	Par. nublado
17-20	Calma	Calma	Par. nublado



NOTA: Las categorías de estabilidad 1,2,3 corresponde a situaciones convectivas; 4 corresponde a situaciones adiabáticas; 5 y 6 a situaciones estables.

Tal y como lo pronosticó el IDEAM la baja altura de la capa de mezcla unido a las condiciones estables de la atmósfera y a las bajas velocidades de los vientos, impidió una mejor dispersión de las emisiones que se generaron durante la jornada.