

# “Hoy no circula” sabatino: contrarréplica

Héctor G. Riveros



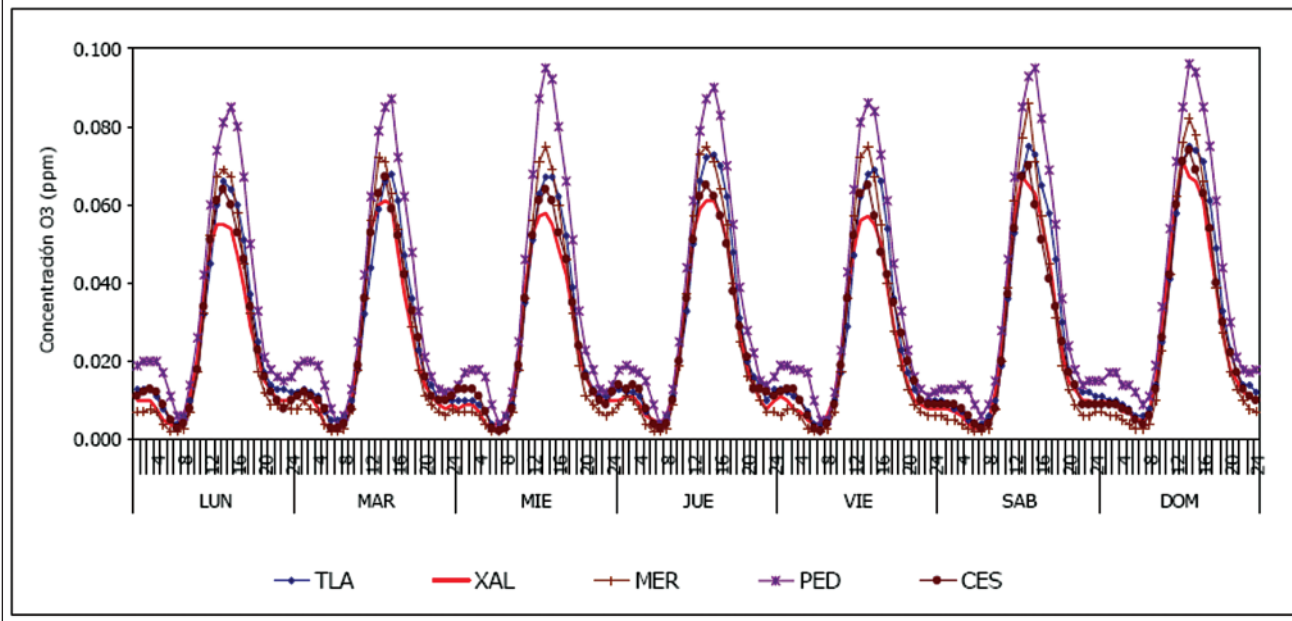
La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal pretende contestar la siguiente pregunta: ¿Hay un impacto positivo en la calidad del aire de la Ciudad de México los días sábado, desde la aplicación del programa “Hoy no circula” sabatino? Pero las preguntas de una autoridad que cuida a sus ciudadanos deberían ser: ¿Los resultados obtenidos son cercanos a los esperados? ¿La relación costo/beneficio es favorable a mantener la medida? ¿Son los vehículos los responsables de los niveles de ozono?

Presentan la gráfica de cómo han cambiado los niveles de ozono desde 1988 a 2009, en la que se muestra que es a partir de 1991 que comenzaron a bajar estos niveles. La eliminación del plomo en las gasolinas permitió la introducción de coches con convertidor catalítico, lo cual es la razón de la disminución del ozono. Aunque el parque vehicular sigue creciendo, también decrecen los coches sin convertidor, lo que reduce las emisiones de los precursores del ozono (hidrocarburos y óxidos de nitrógeno). Si hubieran graficado desde 1986, hubieran visto que ni la reformulación de las gasolinas, ni las gasolinas oxigenadas, ni la revisión obligatoria, ni el “Hoy no circula” redujeron los niveles de ozono medidos en el aire de la ciudad. Todas las medidas anteriores fueron tomadas sin una estimación cuantitativa de las reducciones en emisiones esperadas. Reconozco que es un avance que para el “Hoy no circula” sabatino se haya hecho una estimación; lástima que esté equivocada.

Tomando la pendiente promedio de los datos (artículo anterior) de ozono promedio de 1994 a 2009, se obtiene un valor de 3.9 partes por billón por año. Tomando los datos de 1993 a 2007 (Secretaría del Medio Ambiente del GDF, 2008), se obtiene un valor de 4.8 partes por billón por año. Este dato es necesario para entender la reducción paulatina en ozono y en las contingencias debido a la renovación del parque vehicular, y no atribuírselo al “Hoy no circula” sabatino. La Secretaría del Medio Ambiente critica que en mi análisis utilizo los datos de solamente cinco estaciones. Pero la propia Secretaría pagó a una institución extranjera por un estudio que muestran en su página *web*. Dentro de ese estudio se encuentra la Figura 1 (Figura 2 del reporte del *Clean Air Institute*, 2007) con las mismas cinco estaciones, de la cual concluyen que sábados y domingos son los días de más contaminación.

Se observa en la Figura 1 que, tomando en cuenta la dispersión en los datos, todos los días de la semana son prácticamente iguales. Aunque los sábados circulaban todos los vehículos, la contaminación no era mucho mayor que para los otros días de la semana. El ozono se forma en el aire con la luz del sol y las reacciones químicas de sus precursores. Las fuentes móviles emiten 99 por ciento del monóxido de carbono (monóxido de carbono), 84 por ciento de los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y 24 por ciento de los hidrocarburos totales. El monóxido de carbono puede usarse para medir la actividad vehicular. Las curvas equivalentes para monóxido de carbono no muestran que haya mayor

**Figura 2. Comportamiento típico semanal del ozono por estación de monitoreo en la ZMVM, enero – octubre 2007**



**Figura 1.** Figura 2 del *Clean Air Institute* (2007) de la que la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal deriva la conveniencia de aplicar el "Hoy no circula" sabatino.



actividad vehicular los sábados, antes del “Hoy no circula” sabatino. A pesar de este hecho, insistieron en que hay más circulación los sábados.

Esta Figura 1 fue lo que me motivó a usar el ozono y las mismas cinco estaciones para intentar convencer a los técnicos de la Secretaría del Medio Ambiente de la nula eficiencia de la propuesta original. Ésta es mi primera discrepancia con la Secretaría: de la Figura 1 concluyen que la contaminación es tan grande que hay que implementar el “Hoy no circula” sabatino. Mi conclusión es que la Figura 1 muestra que éste no era necesario, ya que a pesar de que todos los vehículos circulaban no había más contaminación en el aire.

El *Clean Air Institute* (2007) hace un análisis bastante completo de la propuesta, con datos no accesibles al público en general, tratando de calcular los efectos de la medida. Con datos de encuestas encuentran que hay más coches circulando los sábados, y estiman que el consumo de gasolina en días hábiles es de 14 millones 482 mil 530 litros, los sábados de 14 millones 499 mil 366 litros, y que los sábados bajaría a 12 millones 570 mil 386 litros al aprobarse el “Hoy no circula” sabatino. Ésta es una reducción de 19 por ciento en el consumo de los sábados, y el *Clean Air Institute* asegura que los sábados se consume cuatro por ciento más gasolina que entre semana. Presentan también las gráficas de los aforos vehiculares en 30 lugares de la ciudad, de los que concluyo que los sábados el tráfico es muy parecido a los otros días de la semana. Un cuatro por ciento más de gasolina consumida los sábados se debería reflejar en un incremento en el monóxido de carbono, que no se observa. Esto confirma que los sábados no hay más actividad vehicular, aunque las encuestas digan lo contrario.

Conociendo el número de vehículos, las distancias recorridas diariamente y los factores de emisión en gramos por kilómetro de los contaminantes, el *Clean Air Institute* calcula las emisiones en día hábil y sábado sin y con restricciones a la circulación. El resultado es que en día hábil se emiten 1 298 toneladas de monóxido de carbono; los sábados normales, 1 568 toneladas, y los sábados con restricción la emisión baja a 1 299 toneladas. El *Clean Air Institute* espera un 20 por ciento más de monóxido de carbono los sábados que entre semana y predice una disminución del 20 por ciento en las emisiones sabatinas. Si el consumo de gasolina es un cuatro por ciento mayor en sábado, ¿de dónde sale el 20 por ciento de incremento en monóxido de carbono? Este valor debería verse fácilmente reflejado como un incremento del monóxido de carbono en el aire de los sábados, lo cual no se observa.

El *Clean Air Institute* calcula por separado el Distrito Federal y el Estado de México, pero sus cálculos pueden resumirse en la Tabla 1, donde los factores de emisión están en gramos por kilómetro (g/km) y las emisiones en toneladas por día (Ton/día), para hidrocarburos totales (HCT), (NO<sub>x</sub>) y monóxido de carbono (CO).

Las toneladas por día son el producto del número de vehículos por los kilómetros por día y los factores de emisión correspondientes. En óxidos de nitrógeno, el *Clean Air Institute* menciona 17, y mi Tabla dice 18.1 toneladas por día. Calculando la reducción en porcentaje en las emisiones diarias, se obtiene: hidrocarburos totales, 4.8 por ciento; óxidos de nitrógeno, 3.4 por ciento; y monóxido de carbono, 4 por ciento. Un cálculo más completo debería incluir el incremento en las velocidades promedio en la ciudad que reducen la contaminación y el incremento en emisiones

**Tabla 1. Cálculo de la reducción en las emisiones de hidrocarburos totales (HCT), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y monóxido de carbono**

Modelos años	Vehículos	Distancia km/día	HCT g/km	NO <sub>x</sub> g/km	Monóxido de carbono	HCT Ton/día	NO <sub>x</sub> Ton/día	Monóxido de carbono
					g/km			Ton/día
Hasta 1983	46 166	25	6.255	2.1	76.4	7.2	2.4	88.2
1984-1990	52 454	25	5.684	2.1	55.6	7.5	2.8	72.9
1991-1996	94 207	25	3.59	2.4	31.4	8.5	5.7	74.0
Más 1997	325 521	36	0.475	0.618	2.919	5.6	7.2	34.2
Totales	518 348					28.7	18.1	269.2



asociados a las 725 mil personas (1.4 personas por coche) que dejan de transportarse en sus vehículos. Los 518 mil 348 vehículos incluyen a los 325 mil 521 vehículos recientes, que contaminan mucho menos que el transporte público. El error de este cálculo radica en que consideran que los 725 mil personas no utilizan otro medio de transporte. No se incluye ninguna estimación de las emisiones asociadas al incremento de pasajeros en microbuses y taxis, como si todos viajaran en el metro o trolebuses. La Secretaría del Medio Ambiente pagó por un estudio incompleto, y si le hubiera hecho caso se hubiera incrementado aún más la contaminación. Ésa fue mi predicción, que comuniqué muchas veces a la Secretaría del Medio Ambiente, llegando a las páginas del periódico *Reforma*.

Mi predicción se basó en el análisis de los datos de 1989, cuando se aplicó el "Hoy no circula" entre semana, sin que se observara reducción en la contaminación en el aire. En 1989 se sacó de circulación un 20 por ciento de los coches, todos sin convertidor catalítico; aunque mejoró la vialidad y hubo una pequeña reducción en el consumo de gasolina, no bajaron las medidas en el aire. Davis (2006) llegó a la misma conclusión: que no sirvió el "Hoy no circula" de 1989. El uso masivo del transporte público con mal mantenimiento compensó las reducciones. Sabiendo esto, sacar en 2008 a vehículos poco contaminantes para obligarlos a usar otros más contaminantes hubiera incrementado la contaminación. Esto causó que se modificara la propuesta original exceptuando a los coches de hasta ocho años de antigüedad del "Hoy no circula" sabatino. Nótese que esto retira de las calles a muchos vehículos con convertidor catalítico. Esta nueva propuesta permitió predecir que el cambio sería pequeño, ya que el retiro de vehículos poco contaminantes la incrementa, pero el aumento en las velocidades promedio la reduce. Se predijo que el cambio no valdría la pena tomando en cuenta la molestia a la población.

Al sacar de circulación a los vehículos con holograma 2 se retira de circulación a los vehículos sin convertidor catalítico y aquellos que cuentan con convertidor con más de 8 años de edad. No se incentiva el cambio de convertidores, cambiando el número del holograma. Podemos esperar que parte de las 500 mil personas afectadas utilicen metro y trolebuses, pero otra

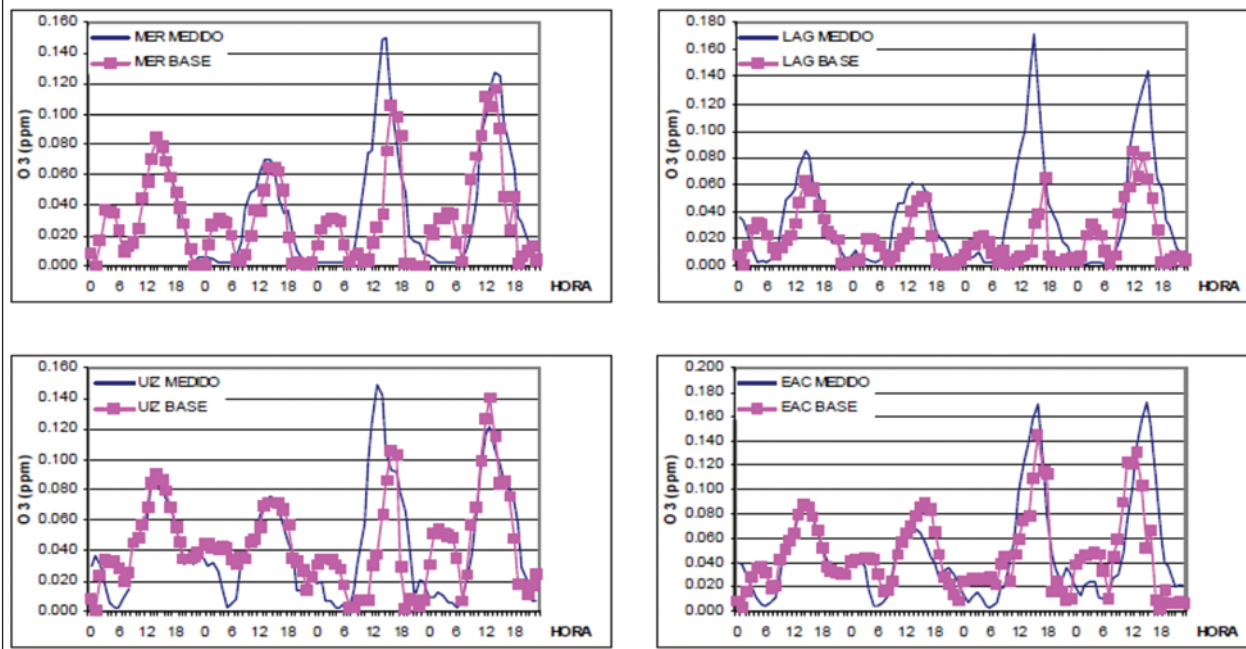


parte utiliza microbuses (prácticamente sin convertidor catalítico) y taxis con malos convertidores catalíticos. Lo que pudo predecirse fue que los cambios serían mínimos, y no valdría la pena implementar el "Hoy no circula" sabatino.

Para apoyar la nueva propuesta, calcularon que retirando de la circulación solamente 350 mil vehículos las reducciones en las emisiones (Secretaría del Medio Ambiente, 2008) serían de 74 toneladas de compuestos orgánicos volátiles (COV), 50 toneladas de óxidos de nitrógeno y 818 toneladas de monóxido de carbono (estos valores son 5 por ciento de las emisiones diarias de compuestos orgánicos volátiles, 10 por ciento de las de óxidos de nitrógeno y 17 por ciento de las de monóxido de carbono; tendría que notarse una reducción en el aire). Dado que se sacó de circulación a la mitad de los coches recientes, podemos quitar la mitad de su contribución en el cálculo del *Clean Air Institute* y quedarnos con que las emisiones de hidrocarburos totales son 25.9 toneladas por día (3.7 por ciento); las de óxidos de nitrógeno, 14.5 toneladas por día (2.7 por ciento); y las de monóxido de carbono, 252.1 toneladas por día (3.7 por ciento). Éste es el cálculo que debe haber hecho la Secretaría del Medio Ambiente, pero publicaron valores mucho mayores.

Aunque calculan la reducción en las emisiones, no pronostican en cuánto se reducirían los valores medidos en el aire. El *Clean Air Institute* (con datos de la Secretaría del Medio Ambiente) modela la contaminación con datos del 12 al 15 de abril de 2007, lo que le permite comparar con datos reales de la ciudad. La Figura 2 (Figura 21 del *Clean Air Institute*, 2007) muestra un buen acuerdo entre el modelo y las medidas,

**Figura 21. Comparación gráfica entre mediciones y estimaciones de ozono (CBABR07) para el periodo 12 al 15 de noviembre**



**Figura 2.** El modelo computacional de mezcla de la contaminación calcula razonablemente los valores medidos en las estaciones.

aunque en el texto mencionan una máxima diferencia de 6.2 puntos IMECA para Cerro de la Estrella que no aparece en sus figuras. El modelo no es tan bueno para predecir contingencias.

Las dos tablas siguientes y los párrafos que las preceden están tomados del estudio del *Clean Air Institute* (2007):

Los resultados obtenidos mostraron que con la aplicación del Programa de Restricción Vehicular Sabatina de las 5 a las 17 horas, las reducciones más importantes de ozono se obtienen de 14 a 18 horas. Tales disminuciones por sector IMECA se muestran a continuación:

Día	Sector	Sitio	Disminución de O <sub>3</sub> (Puntos IMECA)	Hora
	Noreste	Netzahualcóyotl	2.2 (2.42 ppb)	14
	Noroeste	Vallejo	3.8 (4.18 ppb)	14
Sábado	Centro	Metro Insurgentes	3.7 (4.07 ppb)	15
	Suroeste	Cuajimalpa	1.0 (1.1 ppb)	16
	Sureste	UAM Iztapalapa	4.8 (5.28 ppb)	18

Por otra parte, al día siguiente de la aplicación del Programa de Restricción Vehicular Sabatina de 5 a 17 horas, se tiene un mayor beneficio ambiental en la calidad del aire, como se aprecia en la tabla siguiente:

Día	Sector	Sitio	Disminución de O <sub>3</sub> (Puntos IMECA)	Hora
	Noreste	Netzahualcóyotl	58.5 (64.5 ppb)	16
	Noroeste	ENEP Acatlán	37.8 (41.6 ppb)	17
Domingo	Centro	Merced	58.5 (64.5 ppb)	16
	Suroeste	Plateros	10.7 (11.8 ppb)	14
	Sureste	UAM Iztapalapa	17.7 (19.58 ppb)	18

La tabla de los sábados dice que las reducciones son pequeñas, ya que los valores IMECA son cercanos a 100. Esto es razonable, ya que las reducciones en emisiones son cercanas a 4 por ciento. Recalculando el modelo con menos emisiones, ya que son 168 mil menos vehículos, se deben obtener reducciones todavía menores. Y falta sumar las emisiones del transporte público, que los sábados atiende a más usuarios, y que fue lo canceló las reducciones previstas.

La Secretaría del Medio Ambiente, en la réplica publicada en este número de *Ciencia*, menciona una segunda diferencia: “Como *segunda diferencia*, en el estudio de Riveros Rotgé, se analizó un mes después de la aplicación del ‘Hoy no circula’ sabatino y un mes

antes (del 2 de junio al 30 de julio de 2008). Sin embargo, estos meses pertenecen a la época de lluvias y no consideran a los meses con niveles más críticos de ozono, de marzo a mayo, cuando hay mayor radiación solar; es por eso que en nuestro análisis consideramos años completos de julio a junio, para captar los cambios climáticos anuales."

En los estudios de variables que tienen muchas fuentes de variación, en este caso variables meteorológicas, se buscan los datos más sencillos de interpretar. Tenemos una señal que cambia súbitamente un día, por lo que es mejor buscarla en los días previos y posteriores. Por esta razón, la primera interpretación se hizo con datos de junio y julio de 2008, un mes antes y un mes después. El artículo (Riveros, 2009) lo debo haber enviado a la revista *Ciencia* en octubre-noviembre de 2008, ya que salió en el número de enero-marzo 2009. Era imposible que usara datos de un año. Seguramente también leyeron el número de *Ciencia* de octubre-diciembre de 2009 (Riveros, 2009) donde analizo por semestres: primero y segundo de 2008 y primero de 2009. Mi segunda discrepancia con la Secretaría del Medio Ambiente es que sí tomé en cuenta datos semestrales antes y después de la entrada en vigor del "Hoy no circula" sabatino.

Las figuras siguientes muestran el promedio de las cinco zonas de la ciudad (Noroeste, Noreste, Centro, Su-

roeste y Sureste) que reporta la Secretaría del Medio Ambiente, para cada hora de cada día de las 26 semanas del primer semestre del año 2009. Cada hora tiene 26 datos encimados. El *Clean Air Institute* promedió los datos de cada hora para cada estación; la Figura 3 muestra el promedio de las cinco zonas que tiene la Secretaría del Medio Ambiente en su página *web*, para cada hora. Supongo que cada zona es el promedio de las estaciones de la zona, lo que hace que tenga datos de las mismas 22 estaciones mencionadas. Esta Figura promedia en el área de la ciudad, pero deja las variaciones horarias.

Esta manera de graficar hace que resalten los valores máximos durante el semestre, que son los que se utilizan para declarar las contingencias que afectan a la circulación vehicular. Es el promedio de las cinco zonas, lo que reduce las desviaciones máximas. La Figura 4 toma el promedio horario, eliminando la dispersión en valores.

La Figura 4 muestra que, si usamos los datos de lunes a viernes como control, sábados y domingos presentan valores ligeramente superiores. Los datos son de la Secretaría del Medio Ambiente, promediados para las cinco zonas que definen como Noroeste, Noreste, Centro, Suroeste y Sureste. La ventaja de las gráficas es que el lector puede concluir si el ozono subió o bajó los sábados.

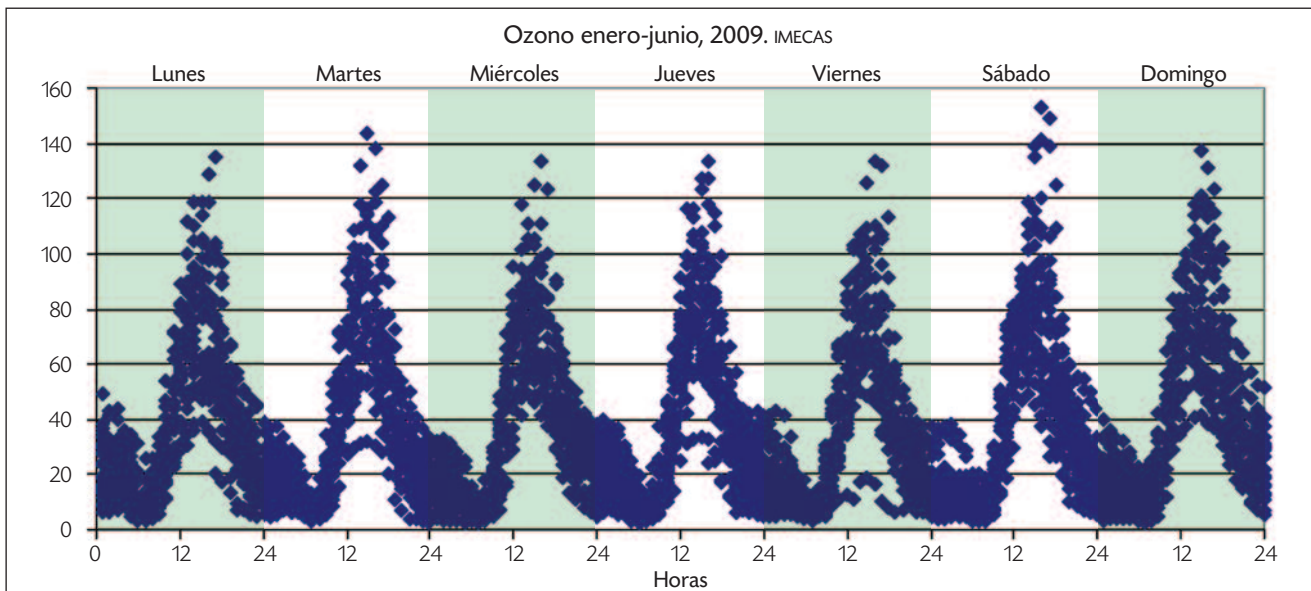
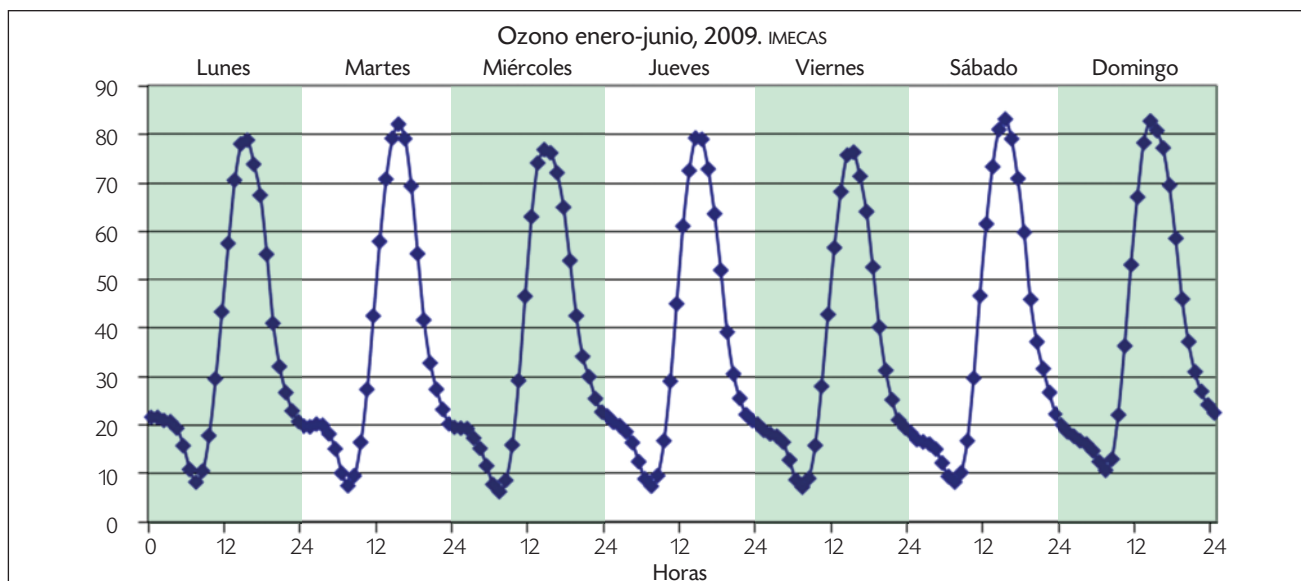


Figura 3. Medidas de ozono en unidades IMECA para cada día de la semana, comenzando en lunes.

Los datos de 2009 confirman el incremento sabatino.



**Figura 4.** Medidas de ozono en unidades IMECA, mostrando el valor promedio para cada hora, con los mismos datos de la Figura 3. Nótese la reducción en los valores máximos, y que el valor en sábado es ligeramente mayor a los otros días.

En la parte final de su escrito, la Secretaría del Medio Ambiente hace uso de técnicas estadísticas para obtener información que se usa cuando las desviaciones buscadas son muy pequeñas. Me conceden la razón cuando afirmo que el resultado es muy pobre para afectar a medio millón de habitantes de esta ciudad. Dicen textualmente: “Como conclusión se tiene que para la Zona Metropolitana del Valle de México sí hay diferencias significativas entre los sábados antes de aplicar el ‘Hoy no circula’ sabatino. A un año de su aplicación, la disminución que se registró está en promedio entre 3 y 23 partes por billón, con un nivel de confianza del 95 por ciento.”

Nótese que falta mencionar a qué estaciones se refieren para encontrar “hasta 23 partes por billón”. Necesitan dar un promedio de sus promedios para la ciudad, y les falta tomar en cuenta que el ozono lleva varios años disminuyendo entre 4 y 5 partes por billón por año al calcular el número de contingencias. Conozco otra presentación de la Secretaría del Medio Ambiente que creo es más clara para el público general. En su publicación “Impacto de la aplicación del ‘Hoy no circula’ sabatino en la calidad del aire de la Ciudad de México y su área metropolitana” (Secretaría del Medio Ambiente, s/f) aparece como Tabla 1; aquí es la Tabla 2.

Los datos de lunes a viernes nos sirven como indicativo de las variaciones naturales en los datos medidos,

ya que son afectados por los factores meteorológicos. Ni el incremento del lunes ni el decremento del viernes pueden deberse a la medida; nos dan una indicación de la magnitud de las variaciones. En viernes y sábado hay errores al mencionar “partes por millón” cuando son partes por billón; confirman que los sábados prácticamente no hubo cambios.

Dado que la Secretaría del Medio Ambiente cuenta con estimaciones de los factores de emisión (Secretaría del Medio Ambiente, 2006a), de las distancias recorridas por pasajero y del número de personas en movimiento, puede calcular las emisiones asociadas a las personas que se quedan sin coche los sábados. Sin embargo, sus datos ponen como más contaminantes a los coches particulares, siendo que taxis y microbuses se detectan como más contaminantes cuando se miden con sensor remoto (Secretaría del Medio Ambiente, 2006b). Sería necesario que usaran factores de emisión más realistas.

La tercera discrepancia con la Secretaría del Medio Ambiente es que el problema no es si subió o bajó el ozono en unas cuantas partes por billón basándose en la probabilidad asociada arrojada por pruebas estadísticas basadas en medias, o pruebas de signo como la de Wilcoxon, sino que las estimaciones de la magnitud de la disminución de las emisiones están equivocadas.



**Tabla 2. Resumen estadístico anual de días sábados (antes y durante el "Hoy no circula" sabatino)**

Tabla 1. Resultados del análisis estadístico de los días de la semana				
Día de la semana	Número de datos	Intervalo de confianza para la diferencia entre años con probabilidad del 95%	Promedio anual de las concentraciones máximas (ppb)	Conclusión
Lunes	2007-2008: 1081	Estadísticamente hay diferencias	2007-2008: 0.076	Incremento entre 1 y 6 ppb (entre 1 y 5 puntos IMECA)
	2008-2009: 1010		2008-2009: 0.080	
Martes	2007-2008: 1046	Estadísticamente no hay diferencias	2007-2008: 0.081	No hubo cambios
	2008-2009: 1063		2008-2009: 0.078	
Miércoles	2007-2008: 1023	Estadísticamente no hay diferencias	2007-2008: 0.081	No hubo cambios
	2008-2009: 1062		2008-2009: 0.080	
Jueves	2007-2008: 1035	Estadísticamente no hay diferencias	2007-2008: 0.079	No hubo cambios
	2008-2009: 1072		2008-2009: 0.080	
Viernes	2007-2008: 1035	(0.004, 0.009)	2007-2008: 0.085	Disminución entre 4 y 9 ppm (entre 4 y 8 puntos IMECA)
	2008-2009: 1086	Estadísticamente hay diferencias	2008-2009: 0.079	
Sábado	2007-2008: 1042	(0.005, 0.010)	2007-2008: 0.091	Disminución entre 5 y 10 ppm (entre 4.5 y 9 puntos IMECA)
	2008-2009: 1097	Estadísticamente hay diferencias	2008-2009: 0.083 (75 pts IMECA)	
Domingo	2007-2008: 1101	Estadísticamente no hay diferencias	2007-2008: 0.082	No hubo cambios
	2008-2009: 1036		2008-2009: 0.083 (74 pts IMECA)	
			2008-2009: 0.083 (75 pts IMECA)	

Esto, además del error de no tomar en cuenta el incremento en las emisiones del transporte público. Por eso no se observan reducciones en la contaminación en el aire de la ciudad. La medida debe reevaluarse en términos de costo-beneficio, buscando medidas que tengan un impacto importante.

Requerimos autoridades con espíritu de servicio, que cuiden los presupuestos y fomenten el uso del transporte público eficiente. Éste se usa cuando ofrece comodidad y rapidez, como es el caso del Metro. Creo que el ejemplo de una autoridad que reconoce un error sería un precedente muy grato para muchos mexicanos. Creo en México.

**Héctor G. Riveros Rotgé** es doctor en física, graduado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es investigador del Instituto de Física y profesor de la Facultad de Ciencias de la misma universidad desde 1961. Sus áreas de trabajo son crecimiento de cristales, contaminación atmosférica, aplicaciones de la energía solar y enseñanza. Ha impartido varios cientos de conferencias.  
riveros@fisica.unam.mx

## Referencias

- Secretaría del Medio Ambiente del GDF (2008), *Seis medidas metropolitanas de calidad del aire*, mayo, pp. 12 y 25.
- Clean Air Institute (2007), "Revisión Crítica de Información sobre el Proyecto de Restricción Vehicular Sabatina", en [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)
- Davis (2006), "The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City", en [www-personal.umich.edu/~lwdavis/df.pdf](http://www-personal.umich.edu/~lwdavis/df.pdf)
- Riveros, H. (2009), "Análisis del programa Hoy no circula", *Ciencia*, vol. 60, núm. 1, pp. 76-83.
- Riveros H. (2009), "¿Debe mantenerse el programa Hoy no circula Sabatino?", *Ciencia*, vol. 60, núm. 4, pp. 84-85.
- Secretaría del Medio Ambiente del GDF (s/f), "Impacto de la Aplicación del Hoy No Circula Sabatino en la Calidad del Aire de la Ciudad de México y su Área Metropolitana", en [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)
- Secretaría del Medio Ambiente del GDF (2006a), "Inventario de emisiones 2006", en [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)
- Secretaría del Medio Ambiente del GDF (2006b), "Campañas de monitoreo ambiental a distancia de vehículos", en [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)