

Análisis de la eficacia, eficiencia y equidad de los programas para reducir las emisiones de ozono troposférico en la Ciudad de México

Analysis of the effectiveness, efficiency and equity of programs to reduce tropospheric ozone emissions in Mexico City

Journal of Economic Literature (JEL):

JEL: L9, Q2, Q25, Q28

Palabras clave:

Transportes y servicios públicos
Gestión medioambiental
Agua, Aire
Política gubernamental

Keywords:

Utilities and Transportation
Environmental Management
Water, Air
Government Policy

Fecha de recepción:

11 de julio de 2017

Fecha de aceptación:

7 de marzo de 2018

Resumen

En la primavera de 2016 y 2017 se observaron niveles de ozono superiores a los 150 IMECAS por lo que durante varios días se decretó la Fase I de Contingencia Ambiental. En 2016 se señaló como probable responsable a una resolución de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, del año anterior, que permitía una mayor circulación de vehículos. Cuando el fenómeno se repitió en 2017, ya no se habló más de la resolución judicial. En este trabajo se analiza la eficacia, eficiencia y equidad de la política para reducir y controlar las emisiones de ozono troposférico. Se analizan la estructura institucional de dicha política que consiste básicamente en restringir la circulación de algunos vehículos de acuerdo a la tasa a la que emiten ciertos contaminantes, pero no busca determinar el costo social de las emisiones de contaminantes atmosféricos. Al estimar empíricamente las concentraciones máximas de ozono en relación a los determinantes que señalan los tres programas oficiales de esta política se encuentra que los factores del medio ambiente, temperatura máxima principalmente y en menor medida la lluvia, explican la formación de este gas, mientras que el consumo de gasolina y diésel no resultan determinantes significativos. Se concluye que la política es ineficaz en lograr sus objetivos de reducir y controlar la contaminación por ozono, por lo que sería más eficiente eliminarla. Si se toma como criterio de equidad que quien contamine más pague más, la política tampoco resulta equitativa.

Abstract

In the spring of 2016 and 2017, ozone levels were higher than 150 IMECAS, so Phase I of Environmental Contingency was decreed for several days. In 2016 it was indicated as probable responsible a resolution of the Supreme Court of the Nation that allowed a greater circulation of vehicles. When the phenomenon was repeated in 2017, the judicial resolution was no longer discussed. This paper analyzes the effectiveness, efficiency and equity of the policy to reduce and control tropospheric ozone emissions. We analyze the institutional structure of this policy, which basically consists of restricting the circulation of some vehicles according to the rate at which they emit certain pollutants, but does not seek to determine the social cost of emissions of atmospheric pollutants. The empirical estimation of maximum concentrations of ozone in relation to the determinants of the three official programs of this policy shows that the environmental factors, maximum temperature principally and to a lesser degree rain, explain the formation of this gas. Consumption of gasoline and diesel are not significant determinants. It is concluded that the policy is ineffective in achieving its objectives of reducing and controlling ozone pollution, so it would be more efficient to eliminate it. If it is taken as a criterion of equity that the one that pollutes more has to pay more, the policy is also not equitable.



239

Introducción

En julio de 2015 (Contradicción de tesis 887/2015) y octubre de ese año (tesis jurisprudencial 2a./J. 125/2015 (10a.)), la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) se pronunció *“Contra los efectos y consecuencias de establecer el año modelo del vehículo como factor para determinar las limitaciones a la circulación a que estará sujeto, que impone el programa de verificación vehicular obligatoria para el distrito federal”*.¹ La tesis puso fin al litigio provocado por la norma que restringía la circulación diaria a los automóviles con más de ocho años de antigüedad, de acuerdo al Programa de Verificación Vehicular vigente, independientemente de si cumplían o no con los niveles de emisiones de contaminantes señalados en el propio programa. La sentencia de la SCJN permitió que los automóviles² con más de ocho años de uso recobraran la posibilidad de circular todos los días lo cual supone un empeoramiento en la calidad del aire. Posteriormente, durante los primeros meses de 2016 se activó de manera inusualmente frecuente el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en la Zona Metropolitana del Valle de México (de aquí en adelante Ciudad de México). Diversas voces señalaron a la sentencia de la SCJN como la causa del aparente aumento de la contaminación en la Ciudad de México y su área conurbada, ver por ejemplo a Paz (2016). En enero de 2017 las autoridades de la Ciudad de México hicieron más restrictivo el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, para reducir nuevamente el número de autos en circulación, pero cuando en mayo de 2017 se activó por 5 días seguidos el Programa de contingencias ya nadie culpó la sentencia de la SCJN del 2015. Por otra parte, también se afirma que es el programa Hoy No Circula lo que ha provocado un importante aumento en el parque vehicular (y supuestamente en la contaminación), ya que con dos autos una persona o familia puede eludir completamente las restricciones a la circulación señaladas por el programa (Medina 2014). Pero en mayo de 2017 la restricción a la circulación de vehículos, mediante la aplicación de estos programas, no provocó una reducción en los niveles de ozono, lo cual pone en entredicho la eficacia de los programas “Hoy no circula”, de “Contingencias Ambientales Atmosféricas” y de “Verificación Vehicular Obligatoria”

Los niveles de contaminación de la primavera de 2017 sugieren que la secuencia temporal entre la resolución de la SCJN y el aumento de los días de contingencia ambiental en la primavera de 2016 fueron eventos independientes, por lo que es necesario analizar la mecánica de los programas para controlar la contaminación ambiental generada por las fuentes móviles. Cabe

1 En este trabajo se utilizan los términos “Ciudad de México, Distrito Federal, Ciudad y CDMX” como sinónimos

2 Los términos, “vehículo automotor de combustión interna, vehículo automotor, automóvil, fuentes móviles y auto” se utilizan como sinónimos

señalar que a partir de abril de 2016 el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas redujo la norma de puntos IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire) para decretar la contingencia pasando de 180 a 150 puntos IMECA, lo cual puede explicar el aumento en las contingencias en las primaveras de 2016 y 2017 (ver gráfica 1).

El objetivo de este trabajo es analizar la eficacia, la eficiencia y la equidad de la política del gobierno de la Ciudad de México para controlar la contaminación ambiental generada por las fuentes móviles que circulan en la ciudad y su área conurbada. Dicha política se establece en una amplia legislación y se opera fundamentalmente a través de tres programas: el Programa de Verificación Vehicular obligatoria, el Programa *Hoy No Circula* y el *Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas*.

Para lograr el objetivo planteado, en la siguiente sección se presenta una revisión a la literatura sobre el efecto de los programas de restricciones a la circulación vehicular en la Ciudad de México. Los resultados muestran que dicha política ha sido ineficaz en reducir la contaminación atmosférica.

La sección III presenta una propuesta teórica para explicar los problemas de contaminación y algunas posibles soluciones. En la sección IV se analiza la estructura institucional para regular la contaminación ambiental producida por vehículos automotores en la Ciudad de México, en particular se examina si el contenido y la vinculación de los tres programas señalados anteriormente así como de la NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-167-SE-MARNAT-2016 y la NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014 logran identificar algún costo social de los contaminantes monitoreados por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Para analizar la eficacia, eficiencia y equidad de esta política pública, la sección V presenta una breve definición de estos conceptos y evalúa los tres programas mencionados de acuerdo a los resultados presentados en la tercera sección y al análisis de la sección IV. El estudio empírico, que va de enero de 2008 a julio de 2016, encuentra que la generación de ozono (O_3), medida por los valores máximos en puntos IMECA de dicho contaminante y que detonan la activación de las contingencias ambientales, sigue un comportamiento estacionario por lo que cualquier intervención o política pública solo podrá, en el mejor de los casos, modificar los niveles de emisión en el corto plazo, pero en el largo plazo la media y la varianza de la serie no se verán alteradas. Los consumos de gasolina y diésel, medidos por el volumen de ventas en metros cúbicos en el mismo periodo, también muestran un comportamiento estacionario, es decir su media y su varianza permanecen constantes a lo largo del periodo de estudio (ver gráfica 4). Esta situación contrasta con el importante incremento en el número de vehículos automotores registrados en la Ciudad de México en el periodo. Esta aparente contradicción sugiere que el aumento

de vehículos se ha realizado para eludir las restricciones a la circulación de los vehículos determinada por los programas aquí analizados, porque el mayor número de automóviles no se traduce en un mayor consumo de combustibles. Así, al estimar la generación de ozono, de acuerdo a los planteamientos de los tres programas, se encuentra que la temperatura y en menor medida la lluvia son determinantes significativos en la formación de este contaminante, mientras que el consumo de gasolina y diésel no.

Esta evidencia muestra que los programas de control de la contaminación vehicular son ineficaces dado que los valores máximos de ozono permanecen, en promedio, constantes durante el periodo. Debido a que la política es ineficaz, para mejorar su eficiencia se podría eliminar dicha política. Al analizar las unidades utilizadas para medir los contaminantes en el programa de verificación vehicular, así como las cuotas cobradas por realizar la verificación a los automóviles, no es posible afirmar que los tres programas señalados cumplen con el criterio de equidad.

La sección VII se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como una breve discusión sobre posibles causas de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México que no son mencionadas en los programas analizados.

II. Revisión de la literatura

Las investigaciones encontradas reportan efectos inesperados y contradictorios a los propósitos del programa; mayor uso de automóvil, sin aumentos en el uso del transporte público y un nulo impacto sobre la emisión de contaminantes. Davis (2008) utilizando diversos periodos anteriores 2005, no encuentra evidencia para afirmar que el programa ha mejorado la calidad del aire en la Ciudad de México. Tampoco encuentra evidencia de que los conductores de automóviles hayan sustituido el uso de sus vehículos por un mayor uso de otras formas de transporte de bajas emisiones contaminantes. Por el contrario, el autor encuentra evidencia de un aumento tanto en las ventas de automóviles, así como de autos registrados en la Ciudad de México. Davis (2017) encuentra que la ampliación del programa *Hoy No Circula* para incluir a los sábados no genera una reducción significativa en los niveles de ocho contaminantes monitoreados por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. Eskeland, G. y Feyzioglu (1997), encuentran que el Programa Hoy No Circula convirtió a los automóviles en “permisos para manejar” por lo que los hogares podían comprar un auto adicional para aumentar sus “permisos” para manejar, lo cual provocó un aumento en el uso de autos viejos, mayor tráfico entre semana y los fines de semana. Gallego *et al.* (2013) utilizando concentraciones horarias de Monóxido de carbono, encuentran que los programas para restringir la circulación de automóviles en la Ciudad de México

y en Santiago de Chile han provocado en el corto plazo, aumento en el parque vehicular y en los niveles de contaminación ambiental. En otro sentido, proponiendo soluciones a la contaminación atmosférica, pero no evaluando el resultado de las políticas aplicadas, Molina y Molina (2002) proponen la participación informada de la sociedad civil, los académicos, los empresarios y el gobierno, destacan el papel de la investigación científica y las políticas públicas para reducir el problema de la contaminación ambiental.

En este trabajo se hace énfasis en el consumo de combustibles y se analiza la relación entre las ventas de combustibles y los niveles máximos de ozono registrados en la Ciudad de México.

III. La contaminación vehicular como una externalidad negativa

Una externalidad es cualquier efecto indirecto, esto es fuera del sistema de precios, que actividades de producción o consumo tienen sobre la función de utilidad, la función de producción, el conjunto de posibilidades de consumo o el conjunto de posibilidades de producción de un tercero (Laffont, 1994).

La contaminación como externalidad negativa

Sea una empresa A produce un bien a y contaminación e que vierte sobre el medio ambiente. La empresa B produce un bien b y es afectada por la cantidad de e que produce A.

La empresa A tiene ingresos $I(a)$ y costos $C(a)$, sus beneficios están dados por:

$$\Pi_a = \max_a I(a) - C(a)$$

La cantidad a^* que maximiza Π_a está dada por la igualdad entre el ingreso marginal y el costo marginal:

$$I'_a(a) = C'_a(a) \dots\dots\dots(I)$$

La cantidad a^* no es óptima (es muy grande) porque la empresa A no toma en cuenta los costos sociales de la contaminación al producir a^*

La empresa B tiene ingresos $I(b)$ y costos $C(b, e)$, sus beneficios están dados por:

$$\Pi_b = \max_b I(b) - C(b, e)$$

La cantidad b^* que maximiza Π_b está dada por:

$$I'_b(b) = C'_b(b, e) \dots\dots\dots(II)$$

La cantidad b^* no es óptima (es muy pequeña) porque la externalidad negativa que genera la empresa A al contaminar con e aumenta los costos de producir b , es decir:

$$C'_e(b, e) > 0 \dots\dots\dots(III)$$

La expresión (III), que muestra los costos sociales de la contaminación, no aparece en las expresiones (I) y (II), que representan las decisiones privadas que toman las empresas A y B.

Existen varias soluciones a este problema. Aquí se presentan dos.

1. Solución de mercado: Si la empresa A compra a la empresa B, (o viceversa) el problema a resolver de la nueva empresa es:

$$\Pi = \max I(a) + I(b) - C(a) - C(b, e)$$

Las cantidades óptimas: a^0, b^0, e^0 que maximizan se obtienen de:

$$I'_a(a) = C'_a(a)$$

$$I'_b(b) = C'_b(b, e) + C'_e(b, e)$$

Donde $C'_e(b, e) > 0, \dots (III)$, ya aparece en el sistema con lo que el costo social de la contaminación ahora se internaliza por la nueva empresa y se tiene que $a^0 < a^*$ y $b^0 > b^*$ dado que el efecto negativo de la contaminación es tomado en cuenta en las acciones de la nueva empresa.

2. Intervención directa del gobierno: Con un impuesto T a la producción de a , con lo que los beneficios de la empresa 1 están dados por:

$$\Pi_a = \max_a I(a) - C(a) - Ta$$

La cantidad a^o que maximiza Π_a está dada por:

$$I'a = C'a(a) + T$$

Pero para que esta solución sea eficiente se debe cumplir que el impuesto sea igual al costo social de la contaminación $T = C'_e(b, e)$, lo cual logrará que se produzca un nivel a^o .

Es importante señalar que si resulta difícil determinar el costo social que genera una empresa por la contaminación que emite al medio ambiente, es todavía mucho más complicado conocer la cantidad de contaminación que genera cada uno de los automóviles que circulan cada día en una ciudad, aunque como se verá más adelante, los programas aquí analizados podrían, con ligeras modificaciones, lograr identificar el costo social de las emisiones de cada automóvil que circula en la Ciudad de México.

IV. La estructura institucional de la política para regular la contaminación atmosférica producida por vehículos automotores en la Ciudad de México

Aunque esta política tiene una estructura más compleja, en este trabajo nos limitamos a analizar los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria, Hoy No Circula y Contingencias Ambientales Atmosféricas. Así como la NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 y la NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014.

IV.1 La NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014

“Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite permisibles de concentración de ozono en el aire ambiente para la protección de la salud humana; así como los criterios para su evaluación.”

Este documento plantea que la “salud” es afectada por las concentraciones ambientales de diversos contaminantes atmosféricos y destaca entre ellos los efectos del ozono. Además, el documento sugiere que la contaminación atmosférica se ha incrementado como consecuencia del aumento del flujo vehicular (por la emisión de precursores de ozono). De manera esquemática esta Norma plantea que la salud está en función de los contaminantes atmosféricos, en especial del ozono:

Salud = $f(\text{ozono y otros contaminantes atmosféricos}) \dots\dots(V)$

Esta expresión es la aproximación más cercana a una estimación del costo social de la contaminación señalado por la expresión (III) de la sección anterior. Aunque como se verá en el análisis presentado en esta sección, la expresión (V) presenta omisiones para su definición, identificación y por lo tanto para medición, además de ciertas contradicciones, por lo cual no es posible estimarla empíricamente.

La Norma también postula que la formación de ozono está en función de los contaminantes atmosféricos emitidos por los automóviles y por otros factores:

ozono = f(contaminación de vehículos automotores, factores del medio ambiente).....(VI)

Por último, establece que para proteger a la salud humana, “la concentración de ozono debe ser menor o igual a 0.095 ppm como promedio horario. ... el cual nunca deberá ser rebasado” y que “la concentración del promedio móvil de 8 horas de ozono debe ser menor o igual a 0.070 ppm tomado como máximo en un periodo de un año calendario”.

Ahora bien, esta Norma presenta algunas contradicciones y omisiones significativas.

Las omisiones más importantes son:

1. La Norma no especifica la metodología para obtener los parámetros señalados de las concentraciones de ozono, que serían el resultado de estimar la relación (V).
2. La Norma no define el concepto de “salud”. En el texto se refiere a “salud pública, la salud humana y la salud de la población más susceptible” como términos intercambiables.
3. La Norma no establece unidades para medir la “salud”.

También se pueden observar las siguientes contradicciones. El documento afirma al mismo tiempo que “los problemas relacionados con la contaminación atmosférica y el deterioro de la calidad del aire... se han incrementado como consecuencia del ... incremento del flujo vehicular” y que “Las políticas públicas para mejorar la calidad del aire en los últimos 20 años en el Valle de México han permitido reducir los niveles de (entre otros) el ozono” en un 33% entre 1992 y 2010.

Lo cual resulta contradictorio debido a que el parque vehicular de la zona metropolitana se ha incrementado significativamente. De acuerdo a Medina

(2015) sólo del 2005 al 2013 se duplicó el número de autos registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), pasando de 3.5 a 6.8 millones, por lo tanto, este dato sugiere que el aumento del flujo vehicular está directamente relacionado con los niveles de ozono en el Vale de México, pero al mismo tiempo esta Norma señala una reducción en los niveles de ozono de la ZMVM, por lo que el efecto del aumento del parque vehicular sobre la contaminación atmosférica resulta, en el mejor de los casos, ambiguo.

Por otra parte el documento afirma que pretende el “mejoramiento de la calidad del aire en el territorio nacional”, lo que sugiere que en las regiones desérticas, montañosas, costeras, entre otras, se tienen los mismos problemas de contaminación atmosférica que en las grandes ciudades, lo cual no concuerda con el efecto señalado del flujo vehicular sobre las emisiones de ozono.

También resulta interesante observar como las especificaciones que señala esta norma han cambiado en el tiempo. La Tabla 1 sugiere que las concentraciones permitidas del ozono se han reducido de manera significativa en 21 años. El documento solo señala que “En la última década, el avance de la ciencia ha permitido identificar efectos graves a la salud como deterioro en...” lo cual sugiere que los efectos del ozono sobre la “salud” aún no se han determinado completamente.

Tabla 1. Especificaciones de la NOM-020-SSA1 en el tiempo

Norma	Especificación máxima permitida
NOM-020-SSA1-1993	0.11 ppm, o 216 µg/m ³ promedio horario
NOM-020-SSA1-2014	0.095 ppm como promedio horario,

Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-SSA1-1993 y NOM-020-SSA1-2014.

IV.2 Programa para contingencias ambientales atmosféricas en la Ciudad de México

Este Programa tiene por objetivo *“Definir el mecanismo a través del cual se activan las fases de contingencia ambiental atmosférica ... con el fin de prevenir y controlar las emisiones contaminantes del aire y disminuir los efectos adversos a la salud de la población”.*

Este programa entonces, también plantea una causalidad directa e inversa entre las emisiones contaminantes del aire y la salud de la población y que el vínculo entre ambos fenómenos lo establece la circulación de automóviles.

El Programa se declarará en la FASE 1, cuando la medición horaria del ozono rebase, en algún momento del día, una concentración de 150 puntos IMECA. La fase 2 se declara cuando la concentración del ozono rebase los 200 puntos IMECA. Los datos de las concentraciones de ozono son proporcionados por el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

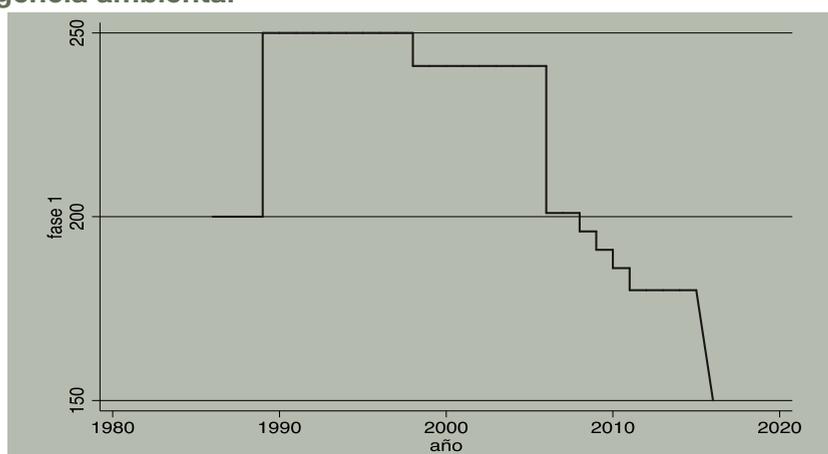
Cuando se declara en la FASE 1, para reducir las concentraciones de ozono en la atmósfera, el Programa determina restringir la circulación de automóviles de acuerdo a lo señalado en el Programa Hoy No circula y el Programa de Verificación Vehicular.

Se observa una contradicción importante: 150 IMECAS=0.155 ppm mientras que, como se señaló más arriba, la NOM-020-SSA1-2014 determina un valor máximo de 0.095 ppm como promedio horario que equivalen a 100 IMECAS. Es decir, los parámetros permitidos de ozono en la atmósfera difieren entre la norma de la SSA y el Programa para Contingencias Ambientales (PCAA) de la Ciudad de México. ¿Por qué el PCAA no observa los parámetros de emisión de ozono establecidos en la NOM-020-SSA1-2014?

Este programa, como la Norma de la SSA, también presenta importantes omisiones.

- Primera, tampoco define las unidades para medir la “salud” de la población.
- Segunda, tampoco especifica los criterios para definir cuando los parámetros señalados de la calidad del aire (IMECA) son nocivos para la salud. Este punto tiene particular importancia dado que a lo largo de la vida del este Programa se ha modificado el valor límite para declarar las fases I y II de la “contingencia”. De mayo de 1986 a julio de 2016, para el caso del ozono, los valores índice de la calidad del aire se modificaron en 8 ocasiones pasando de 200 puntos para la fase I a 150 puntos. Ni los periodos para reducir los índices, ni las reducciones, han sido regulares, tal como se aprecia en la gráfica 1.

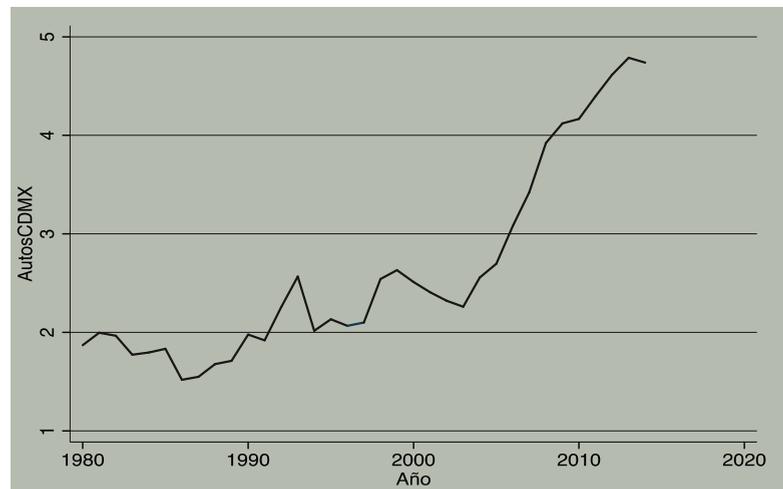
Gráfica 1. Límites en puntos IMECA para declarar la fase 1 de contingencia ambiental



El Programa no relaciona los cambios en la parametrización de la calidad del aire con cambios en la salud de la población, ya que como se mencionó anteriormente, no se dan unidades para medir la salud.

La comparación de la trayectoria mostrada por la gráfica 1 del umbral para declarar la fase I con el crecimiento constante del parque vehicular en la zona metropolitana, mostrado en la gráfica 2, sugiere que el aumento del parque vehicular se relaciona de manera inversa, a partir de 1998, con las reducciones en el umbral para declarar la contingencia ambiental en su fase I, lo cual contradice aparentemente la afirmación de que un aumento en la circulación de vehículos automotores genera mayor contaminación.

Gráfica 2. Número de vehículos automotores registrados en la Ciudad de México (millones)



Fuente: Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) del INEG
<http://sc.inegi.org.mx/cobdem/resultados.jsp?w=68&Backidhecho=98&Backconstem=96&constembd=028&tm='Backidhecho:2,Backconstem:2,constembd:3'>

iv.3 Programa de verificación vehicular obligatoria

El objetivo del programa es *“Establecer el calendario y los lineamientos conforme a los cuales, los vehículos automotores... deberán ser verificados en sus emisiones contaminantes durante (el periodo), con la finalidad de monitorear el desempeño ambiental de los vehículos.”*

El Programa determina los parámetros, de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-167-SEMARNAT-2016, de las tasas, que no de los niveles, de emisiones permitidas para: hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), oxígeno (O₂) y monóxido de carbono más bióxido de carbono (CO + CO₂) todas medidas en ppm o en % vol, unidades que representan proporciones o tasas de una unidad de volumen.

El Programa establece el calendario de verificaciones y tres niveles de tasas de emisiones para determinar que vehículos tendrán alguna restricción en su circulación de acuerdo a los programas Hoy no Circula y de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

Para los vehículos con constancia de verificación “0”, la menor tasa de emisión de contaminantes, se aplican los siguientes criterios.

Límites máximos permisibles para vehículos a gasolina

Prueba	HC (ppm)	CO (%vol)	NOx (ppm)	CO+CO2 (%vol)	O2 (%vol)	(Lambda)
Dinámica	80	0.4	250	Min	Max	0.4 1.03
Estática	100	0.5	NA	13	16.5	2 Crucero 1.03

Parámetros correspondientes se definen para otras constancias de verificación (1 y 2, es decir mayores tasas de emisión de contaminantes) y para otros combustibles.

Se hacen cuatro observaciones a este programa.

- Primera. El programa no señala los parámetros para el ozono debido a que los vehículos automotores de combustión interna no generan este gas.
- Segunda. El programa no define la metodología para obtener los parámetros señalados y la Norma NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 tampoco la muestra.
- Tercera. Los óxidos de nitrógeno (NOx) no determinan linealmente la generación de ozono. Esto se debe a que los NOx son dos gases, el dióxido de nitrógeno (NO₂), que actúa como precursor en la formación del ozono y el óxido nítrico (NO) que actúa como precursor en la destrucción del ozono, Girard (2005). Aunque la interacción de estos gases con el oxígeno, el ozono y otros elementos es compleja y seguramente no lineal, ni la NORMA ni el Programa los distinguen ya que no los miden de manera separada en las emisiones automotrices.
- Cuarta. Como los parámetros señalados en el Programa son proporciones, no permiten conocer el volumen de contaminación que genera cada vehículo. Dicho volumen se obtiene multiplicando la tasa de contaminación (ppm o %vol) por el volumen de aire utilizado por los vehículos. Esto significa que un vehículo con constancia de contaminación “0” puede emitir un mayor volumen de contaminantes que uno con constancia de contaminación “2” dependiendo del uso que se dé a ambos vehículos. Si conocer el volumen de aire que utiliza cada vehículo por unidad de tiempo es complicado, se pueden usar variables Proxy como el consumo de gasolina del vehículo o según White (1982), multiplicando las tasas de emisiones por los kilómetros recorridos por el vehículo.

Este punto es importante debido a que para establecer una política exitosa de control y reducción de contaminación ambiental es necesario conocer el costo social de la contaminación definido en la sección II de este trabajo. El costo social de la contaminación está determinado por el volumen de contaminación emitido, no por la tasa a la que se emite dicha contaminación. En este caso sería posible asociar el costo social de la contaminación al volumen de contaminantes emitido por cada vehículo, una vez que se defina el concepto de “salud” y que ésta se pueda medir. Una complicación adicional radica en el hecho de que los vehículos automotores no emiten ozono, sino solo algunos precursores, por lo que se requiere tomar en cuenta otros factores, como las condiciones climáticas, para estimar de manera aceptable el costo social de la contaminación emitida por los vehículos.

Debido a las declaraciones de Contingencia Ambiental en diversos días de marzo, abril y mayo de 2016, a partir de enero de 2017 se añadieron restricciones adicionales, como el exigir convertidores catalíticos de tres vías y la instalación de sistemas de diagnóstico a bordo para permitir la circulación diaria del vehículo (constancia de verificación 0). Estas restricciones adicionales en realidad buscan limitar la circulación de automóviles anteriores al 2006, que no cuentan con la tecnología requerida. La medida ha sido rechazada en los tribunales en casos específicos. Ver RECURSO DE QUEJA 46/2017 del Décimo Cuarto Tribunal Colegiado en Materia Administrativa a favor de Marisol Martínez Reyes el 24 de febrero de 2017 para que pueda obtener el holograma cero y circular todos los días, si su vehículo pasa la prueba dinámica correspondiente.

IV.4 Programa hoy no circula

El objetivo del programa es “Establecer medidas aplicables a la circulación vehicular de fuentes móviles o vehículos automotores, con el objetivo de prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes provenientes de fuentes móviles que circulan ... mediante la limitación de su circulación.”

Con este programa y de acuerdo a las constancias de verificación (0, 1 y 2) y los parámetros de emisión de ozono señalados en los dos programas anteriores, se establecen las normas para limitar la circulación de los vehículos automotores.

El problema fundamental es que dado que el programa de verificación no puede determinar si un auto con una menor tasa de emisión de contaminantes genera un menor volumen de contaminación (no se conoce el volumen de aire usado por cada auto) el *Programa Hoy no Circula* al limitar la circulación de ciertos vehículos no asegura la prevención, minimización ni el control de los contaminantes, es decir, debido a la estructura institucional

y funcional de los programas y normas que comprenden la política pública contra la contaminación ambiental, no es posible que este Programa cumpla con su objetivo.

V. Análisis de eficacia, eficiencia y equidad

Estos conceptos se utilizan generalmente para el diseño y evaluación de políticas públicas. Dado que existen diversas definiciones de cada uno de ellos, en esta sección se sigue de cerca la discusión realizada por Mokate (2002) al respecto. Así, para evitar ambigüedades, al hacer el análisis respectivo se presenta la definición correspondiente que se utiliza en cada caso.

V.1 Análisis de eficacia

La eficacia es el concepto más simple de definir y sobre el cual existe un mayor consenso sobre su significado: una política pública es eficaz si cumple los objetivos para los que se diseña, en el tiempo previsto y con la calidad esperada.

Así, de acuerdo al análisis de la sección anterior, para prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes se aplica el Programa *Hoy No Circula* que limita la circulación de los vehículos que de acuerdo al Programa de Verificación Vehicular Obligatoria presentan un deficiente desempeño ambiental de acuerdo al resultado de la verificación de sus emisiones contaminantes, ya que de acuerdo al programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas estas emisiones tienen un efecto nocivo para la salud. La NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014 define que los contaminantes tienen un efecto umbral para el ozono, es decir, los efectos negativos de ese gas sobre la salud empiezan a partir de las concentraciones que señala la norma, concentraciones inferiores parecen ser inocuas a la salud (según la Norma).

Este esquema presenta las siguientes inconsistencias

- Primera. El programa de verificación mide, cada seis meses, las tasas de emisión de los hidrocarburos (HC), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), la suma de monóxido y dióxido de carbono (CO+CO₂) y oxígeno O₂ de los vehículos automotores, pero el programa de contingencias se pone en marcha de acuerdo a las concentraciones de ozono y partículas PM10 registradas en la atmósfera en algún momento de un día. Si bien la NOM-020-SSA1-2014 señala que la generación de ozono depende de las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, también señala que otros factores como la radiación solar y el medio ambiente son determinantes en la generación del ozono [$O_3 = f(\text{óxidos de nitrógeno, hi-}$

drocarburos, radiación solar, y del medio ambiente)], pero como se señaló anteriormente, los NO_x son dos gases, el dióxido de nitrógeno (NO₂), que actúa como precursor en la formación del ozono y el óxido nítrico (NO) que actúa como precursor en la destrucción del ozono, Girard (2005).

- Segunda. Al medir solo las tasas de contaminación, el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria no mide los volúmenes de contaminación de cada vehículo automotor, por lo que no puede identificar el costo social de dichas emisiones. Medir estos costos es una condición necesaria para establecer una política que en realidad pueda “prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes provenientes de fuentes móviles que circulan...” de acuerdo al objetivo del programa *Hoy No Circula*.
- Tercera, al no medir los volúmenes de contaminación que emiten los vehículos automotores no es posible conocer el efecto que dichas emisiones tienen sobre la “salud”.
- Cuarta. Aunque se conocieran los volúmenes de contaminación de cada vehículo automotor, al no estar definida ni cuantificada la “salud”, no es posible establecer, identificar ni cuantificar los efectos –adversos- de la contaminación sobre la “salud”, es decir, la política no permite identificar el costo social de la contaminación por ozono que “emiten” de manera indirecta los automóviles sobre la salud.
- Quinta. Aceptando que la emisión de contaminantes (en especial el ozono y PM10) a la atmósfera tiene un efecto negativo sobre la “salud”, aunque este no se mida, entonces se requiere un análisis empírico de la trayectoria de las concentraciones de dichos contaminantes para determinar si la política pública contenida en los documentos aquí analizados ha logrado reducir las concentraciones de los contaminantes emitidos a la atmósfera y entonces, aunque sea por mera asociación, aceptar que ha tenido algún efecto sobre “la salud”. Aunque no es posible determinar el sentido de dicho efecto ya que la norma NOM-020-SSA1-2014 se contradice en cuanto a que la contaminación al mismo tiempo ha aumentado y ha disminuido.

V.1.1 Análisis empírico

Recordemos que la NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, sugiere que la “salud” está en función del ozono y otros contaminantes atmosféricos,

Salud = f(ozono y otros contaminantes atmosféricos) (V)

y a su vez, que la formación de ozono, que no proviene directamente de los motores de combustión interna, está en función de algunas de las emisiones de estos y de otros factores,

ozono = $f(\text{contaminación de vehículos automotores, factores del medio ambiente}) \dots (VI)$

El sistema recursivo (V, VI) se podría analizar por algún método para estimar un modelo de ambas ecuaciones. Si bien existen mediciones diarias e incluso horarias para las concentraciones de contaminantes en la atmósfera, no existe información similar para medir la “salud” en términos diarios, no se diga en una dimensión horaria.

Como se mencionó anteriormente, no existen los datos ni la definición correspondientes al concepto de “salud” por lo que en este trabajo se asumirá que de alguna manera la relación (V) se cumple, por lo que se sólo se estimará la relación (VI) para analizar el comportamiento en el tiempo de las concentraciones de ozono en la Ciudad de México y determinar si existen cambios en las concentraciones señalada y si estos cambios se pueden asociar a los programas aquí analizados.

Los datos

La Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México publica, en IMECAS, las concentraciones horarias y diarias máximas del ozono (O_3), entre otros contaminantes, en cinco regiones de la ciudad; Noroeste (No), Noreste (Ne), Centro (Ce) Suroeste (So) y Sureste (Se).

CONAGUA proporciona datos de la lluvia medida en concentraciones totales acumulados por mes en mm y de la temperatura máxima promedio mensual del Distrito Federal (Ciudad de México). La Secretaría de Energía presenta el volumen de ventas de gasolina y diésel en metros cúbicos mensual en el Distrito Federal. Para el análisis empírico de este trabajo se toma el promedio mensual de las concentraciones máximas diarias de ozono en cada zona ya que las concentraciones máximas determinan la activación de las contingencias ambientales según el programa correspondiente.

Las tablas 2 y 3 presentan resultados de la prueba Diky Fuller para las emisiones de ozono y PM10 respectivamente para cada una de las cinco regiones examinadas. Se repitieron las pruebas hasta con 6 rezagos, en todos los casos se obtuvo el mismo resultado: se rechaza la hipótesis nula. No hay evidencia para aceptar que las series son no estacionarias. Se aplicó la misma prueba en otros contaminantes reportados (óxido de azufre (SO_2), bióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y se obtuvieron resultados similares, que se omiten.

La gráfica 3 muestra el comportamiento de las series de O_3 en el tiempo en las cinco regiones de la Ciudad de México.

Tabla 2. Resultados de la prueba Diky Fuller para las emisiones de ozono

Zonas	Valor del estadístico de prueba (Zt)	Valor crítico al 1%	Valor-p de MacKinnon para (zt)
Noroeste	-29.980	-3.430	0.0000
Noreste	-28.238	-3.430	0.0000
Centro	-29.577	-3.430	0.0000
Suroeste	-29.366	-3.430	0.0000
Sureste	-30.444	-3.430	0.0000

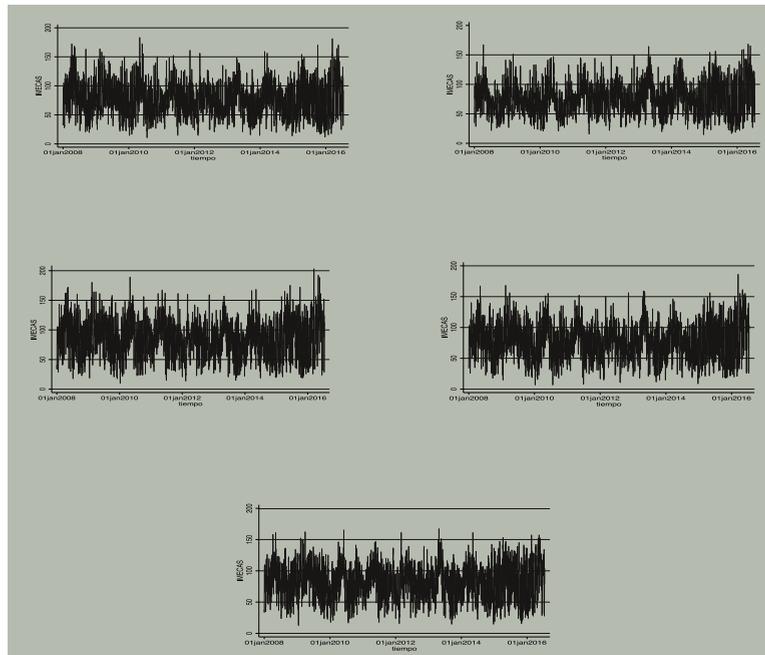
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. n = 3117

Tabla 3. Resultados de la prueba Diky Fuller para las emisiones de partículas PM10

Zonas	Valor del estadístico de prueba (Zt)	Valor crítico al 1%	Valor-p de MacKinnon para (zt)
Noroeste	-14.602	-3.430	0.0000
Noreste	-16.956	-3.430	0.0000
Centro	-14.737	-3.430	0.0000
Suroeste	-16.889	-3.430	0.0000
Sureste	-14.910	-3.430	0.0000

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. n = 3117

Gráfica 3. Concentraciones máximas de ozono en IMECAS por zonas de la Ciudad de México



En cuanto a los determinantes del ozono, dado que la cantidad de contaminantes generada por los vehículos automotores no se establece por las mediciones del Programa de Verificación Vehicular, solo se mide su tasa como se explicó anteriormente, se utilizan los volúmenes de ventas de gasolinas y diésel para aproximar dicha contaminación. El número de autos registrado en la Ciudad no se utiliza porque no es posible determinar cuántos de los autos de los registrados circulan ni en que periodos lo hacen. Los datos del Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) del INEGI proporcionan el número de vehículos automotores registrados por Delegación Política más un rubro denominado “otros estados” que en el 2014 está vacío, lo que explica la caída de la cifra en ese año. Por otra parte, como se observa en la gráfica 2, el número de autos registrados en la Ciudad presenta un importante crecimiento en el periodo de estudio, por lo que la prueba Dicky Fuller, que se realiza añadiendo un término de tendencia para esta variable, no proporciona evidencia para aceptar que esta serie sea estacionaria. En cuanto a los otros determinantes de la formación de ozono, condiciones del medio ambiente, se utilizan los promedios mensuales de la temperatura máxima en C° y de la lluvia, medida en mm. La gráfica 4 muestra que tanto la lluvia como la temperatura máxima, así como las ventas de gasolina y diésel presentan un comportamiento estacionario, es decir, su promedio y varianza son constantes en el tiempo. La tabla 4 muestra los resultados correspondientes de la prueba Dicky Fuller.

Tabla 4. Resultados de la prueba Diky Fuller para las series de lluvia, temperatura máxima, gasolinas, diesel y autos en la Ciudad de México

VARIABLES	Valor del estadístico de prueba (Z_t)	Valor crítico al 1%	Valor-p de MacKinnon para (z_t)
Lluvia	-4.192	-3.509	0.0007
Temperatura máxima	-5.269	-3.509	0.0000
Gasolinas	-10.001	-3.509	0.0000
Diésel	-6.803	-3.509	0.0000
Autos	-2.546	-3.160 (valor crítico al 10%)	0.3051

Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA, Secretaría de Energía (n = 102) e INEGI (n = 83).

Con excepción del número de autos registrados, no hay evidencia para aceptar que las demás series son no estacionarias.

Un comentario sobre las propiedades de las series estacionarias. De acuerdo a Enders (1995), una serie estacionaria tiene media y varianza constante en el largo plazo, por lo que una intervención de política (como el *Hoy No Circula*) solo podrá tener un efecto transitorio en el corto plazo el cual desaparecerá en

el largo plazo. Por otra parte, una intervención de política cambiará la media y la varianza de la serie en el corto y largo plazos en una serie no estacionaria, como el número de vehículos automotores en la Ciudad de México.

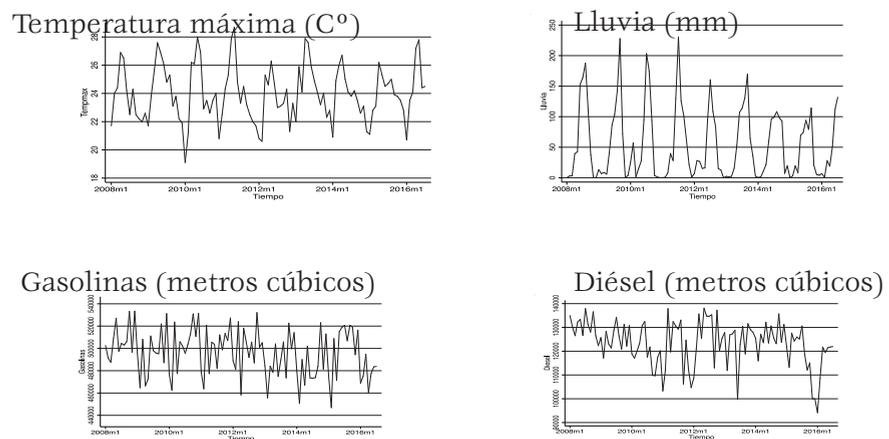
Sea un proceso

$$y_t = a + \beta y_{t-1} + e_t \dots\dots\dots(IV)$$

Donde y_t , podría ser el O_3 medido en el periodo t y e_t es ruido blanco. Si $\beta < 1$ el proceso es estacionario, si $\beta = 1$ el proceso tiene raíz unitaria y es no estacionario, como es el caso del número de autos registrados en el DF.

Al analizar las series de tiempo de ozono publicadas por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México se observa que las concentraciones máximas diarias de O_3 registradas en cada uno de las cinco zonas de la ciudad (Noroeste, Noreste, Centro, Suroeste y Sureste) siguen un comportamiento estacionario, lo que significa que la política pública correspondiente no ha cambiado, ni puede cambiar su media ni su varianza en el largo plazo.

Gráfica 4. Temperatura máxima, lluvia, volumen de ventas de gasolinas y diésel en la Ciudad de México, promedios mensuales de enero de 2008 a julio de 2016



Fuente: elaboración propia con datos de Secretaría de Energía.

La política del gobierno de la Ciudad de México para reducir la contaminación ambiental causada por vehículos automotores conocida como el "Programa Hoy no Circula" y que se resume en la expresión (VI), que define los determinantes de la formación del ozono se especifica en esta sección. La variable dependiente es O_{it} , el ozono en la región i durante el periodo t . Don-

de i son cinco regiones en que se divide la Ciudad, Noroeste, Noreste, Centro, Suroeste y Sureste, y t tiene una periodicidad mensual que va de enero de 2008 a julio de 2016. De acuerdo a (VI), O_{it} está en función de Y un vector de variables del medio ambiente definidas por la precipitación pluvial promedio mensual en la ciudad medida en mm (lluvia) y la temperatura máxima mensual promedio en la Ciudad medida en C° (tempmax), así como de un vector de variables de precursores de la formación de ozono X definido por las ventas mensuales de gasolinas y diésel en la Ciudad.

El modelo a estimar es:

$$O_{it} = Y_{it}\alpha_i + X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it} \dots\dots(VII)$$

Las variables independientes en Y y X son las mismas para las cinco regiones, pero los parámetros y los residuos son específicos para cada región ($\alpha, \beta, \varepsilon$).

Dado que tanto la variable dependiente, los valores máximos de ozono, como los determinantes de esta, uso de combustibles y condiciones del medio ambiente, presentan comportamientos estacionarios, es posible utilizar el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios para estimar el efecto de dichos determinantes sobre la variable dependiente, expresión (VII). Los resultados se presentan para cada una de las cinco regiones geográficas de la Ciudad de México en la tabla 5.

Tabla 5. Determinantes del ozono, O_{it} , expresión (VI), por región de la Ciudad de México

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	Noroeste	Noreste	Centro	Suroeste	Sureste		
lluvia	-0.0394** (-2.87)	-0.0857*** (-5.67)	-0.0386* (-2.58)	-0.0113 (-0.72)	-0.0271 (-1.91)		
tempmax	5.326*** (12.53)	4.570*** (9.79)	5.873*** (12.69)	6.256*** (12.87)	5.157*** (11.72)		
gasolinas	-0.0000220 (-0.54)	-0.0000832 (-1.84)	0.00000747 (0.17)	0.0000608 (1.29)	0.0000433 (1.02)		
diesel	0.000157 (1.65)	0.000112 (1.07)	0.0000157 (0.15)	-0.0000247 (-0.23)	0.0000394 (0.40)		
_cons	-57.22* (-2.58)	-1.055 (-0.04)	-66.41** (-2.75)	-90.52*** (-3.57)	-66.46** (-2.89)		
N	103	103	103	103	103	R-sq	0.661
	0.597	0.648	0.645	0.610	F Prob > F	0.0000	0.0000
	0.0000					0.0000	0.0000

Para eliminar problemas de auto correlación del tipo AR(1) que pudieran presentarse debido al uso de series de tiempo, se estimó (VII) nuevamente bajo la corrección de Prais-Winsten. Los resultados se presentan en la tabla 6.

Al estimar el estadístico Durbin-Watson para $n=103$ y $k=5$ se obtiene valores críticos inferiores y superiores de 1.441 y 1.647 respectivamente.

Tabla 6. Determinantes del ozono, O_{it} (expresión VI) por región de la Ciudad de México con corrección por autocorrelación de primer orden

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Noroeste	Noreste	Centro	Suroeste	Sureste
lluvia	-0.0299 (-1.86)	-0.0603** (-3.37)	-0.0304 (-1.76)	-0.00959 (-0.53)	-0.0263 (-1.78)
tempmax	5.428*** (11.93)	4.732*** (9.52)	5.699*** (11.30)	6.190*** (11.72)	5.152*** (11.38)
gasolinas	-0.0000226 (-0.59)	-0.0000362 (-0.88)	-0.00000251 (-0.06)	0.0000388 (0.84)	0.0000404 (0.94)
diesel	0.0000963 (0.95)	0.0000425 (0.39)	0.0000274 (0.24)	0.00000383 (0.03)	0.0000432 (0.43)
_cons	-52.29** (-2.76)	-20.95 (-1.03)	-59.06** (-2.65)	-81.54*** (-3.44)	-65.43** (-2.86)
N	103	103	103	103	103
R-sq	0.641	0.566	0.600	0.605	0.596
F	43.72	31.97	36.68	37.48	36.16
Durbin-Watson					
Estadístico					
original	1.156560	1.139427	1.379247	1.436707	1.852734
Durbin-Watson					
Estadístico					
transformado	2.078755	2.020961	2.015732	2.027842	1.970905

Estadísticos t en paréntesis

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Durbin-Watson valores críticos (5,103): $dL = 1.441$, $dU = 1.647$:

Resultados

Las tablas 5 y 6 muestran que las condiciones del medio ambiente son los principales determinantes de la formación del ozono en las cinco regiones de la Ciudad de México aquí analizadas. En todos los casos los coeficientes de la temperatura máxima son estadísticamente significativos a 99% de confianza. Estos coeficientes indican que por cada grado centígrado que se incremente la temperatura, el ozono aumenta entre 4.73 y 6.19 puntos IMECA dependien-

do de la región (tabla 6). El efecto de la lluvia sobre la formación de ozono es pequeño en magnitud y poco significativo. En la tabla 5 la Lluvia parece tener un efecto negativo las regiones Noroeste, Noreste y Centro, pero una vez que se realiza la corrección por auto correlación, tabla 6, sólo en la región Noreste tiene un efecto significativo a 95% de confianza. Por cada mm adicional de lluvia se reduce el 0.06 puntos IMECA la generación de ozono.

Por otra parte, el consumo de gasolinas y diésel tienen un efecto nulo en la generación de ozono, en todos los casos de ambas tablas los coeficientes tienen una magnitud cercana a cero y en todos los casos son estadísticamente no significativos. La variable utilizada para medir el consumo de combustibles es el volumen mensual de ventas en metros cúbicos en ambos casos. Puede existir la duda de, ¿en qué medida el volumen de ventas es una buena Proxy del consumo de combustibles? Dado que es difícil que un tanque de combustible dure todo un mes, es claro que existe una fuerte correlación entre las ventas y el consumo de combustibles que se realiza en el periodo señalado. Se repitieron las estimaciones de la tabla 6 incluyendo un rezago para las gasolinas y el diésel. Ambos combustibles con y sin rezago siguieron siendo no significativos.

Estos resultados no son sorprendidos porque el conjunto de programas aquí analizados no incentiva a la población a reducir el consumo de gasolina y dado que el consumo de combustibles ha permanecido estacionario durante el periodo de estudio, la generación de ozono no ha aumentado, pero tampoco ha disminuido.

La política para regular la contaminación de ozono producida por vehículos automotores en la Ciudad de México en ningún momento determina o identifica el costo social que generan los usuarios de vehículos con motores de combustión interna, por lo tanto, en ningún momento propone un mecanismo que incentive a los agentes que generan la contaminación a que paguen el costo social de sus acciones. (que internalicen la externalidad que generan). Esta política tiene como único instrumento limitar la circulación de vehículos automotores de combustión interna independientemente del volumen de emisiones que generan. Pero la comparación de la gráfica 2 con la gráfica 5 sugiere que la política solo ha incentivado el aumento del parque vehicular de la Ciudad, aumento que ha sido probado por Eskeland, G. y Feyzioglu (1997), Davis (2008) y Gallego *et al.* (2013).

Al inicio de esta sección se definió a una política eficaz como: “una política pública es eficaz si cumple los objetivos para los que se diseña, en el tiempo previsto y con la calidad esperada.” Por lo tanto, es posible concluir que la política para regular la contaminación de ozono producida por vehículos automotores en la Ciudad de México es ineficaz para lograr los objetivos de prevenir, minimizar y controlar la emisión de O_3 .

V.2 Análisis de eficiencia

Aunque suele haber alguna confusión entre los conceptos de eficacia y eficiencia, la Real Academia de la Lengua, por ejemplo, define eficiencia como: “Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”, es decir define a la eficiencia como sinónimo de eficacia. Por lo tanto, siguiendo a Mokate (2001), definimos que un programa es eficiente si cumple sus objetivos al menor costo posible. El costo puede incluir costos monetarios, tiempo y costos de oportunidad.

Dado que la política para regular la contaminación de ozono producida por vehículos automotores en la Ciudad de México es ineficaz para cumplir sus objetivos: “prevenir, minimizar y controlar la emisión de O_3 ”, el menor costo para lograr estos resultados nulos, es eliminar la política.

La sociedad ahorraría importantes recursos en burocracia, legislaciones, tiempo en las colas de los Centros de Verificación de Emisiones Vehiculares (Verificentros), corrupción y otros costos como una menor credibilidad del gobierno de la Ciudad. Aunque por otra parte, se verían afectados los dueños de los centros verificadores y todos los agentes involucrados en la creación, promoción y ejecución de los programas.

V.3 Análisis de equidad

La equidad es un concepto que puede tener diversos significados dependiendo del criterio que se utilice para definirla. La equidad se asocia con igualdad, justicia, entre otros. En materia fiscal se manejan la equidad vertical (individuos con ingreso similar deben pagar una tasa impositiva similar) y equidad horizontal (individuos con ingresos distintos deben pagar tasas impositivas distintas). En el caso de la contaminación ambiental, a diferencia de la provisión de bienes, servicios y oportunidades, estamos tratando con un “mal”, por lo tanto para definir un criterio de equidad es posible tomar en cuenta la cantidad de contaminantes que emite cada agente económico y dado que la idea es reducir esa cantidad, en este caso particular definimos que la equidad significa que debe pagar más quien contamine más, de acuerdo a la expresión (III), señalada anteriormente, que expresa los costos sociales de la contaminación. Por lo tanto, la Política no es equitativa porque no identifica a quienes generan mayores costos sociales por la generación de O_3 . En primer lugar, porque el programa de Verificación Vehicular Obligatoria solo determina la tasa, pero no el volumen a la que contamina cada automóvil y la contaminación generada depende de la tasa a la que se contamina multiplicada por un volumen de aire utilizado en la movilidad del vehículo. En segundo lugar,

porque los costos sociales del ozono en términos de salud, no están identificados, empezando porque la salud no está definida y menos cuantificada. Por último, en este trabajo no encontró evidencia de que el consumo de gasolina y diésel sea un determinante significativo de la generación de O_3 .

VI. Conclusiones y recomendaciones

La estructura institucional de la política para regular y reducir la contaminación por ozono generada por vehículos automotores en la Ciudad de México, así como la evidencia empírica no permiten afirmar que se están cumpliendo con los objetivos de:

- Prevenir y controlar las emisiones contaminantes (O_3) del aire y disminuir los efectos adversos a la salud de la población.
- Monitorear el desempeño ambiental de los vehículos.
- Prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes (O_3) provenientes de fuentes móviles que circulan.

La política no busca determinar el costo social de la contaminación que genera cada vehículo, solo busca reducir la circulación de algunos de ellos y toma como criterio la tasa a la que emiten diversos contaminantes pero en ningún momento determina, con ninguno de sus programas, el volumen de contaminantes emitidos por cada vehículo. La política tampoco define un concepto de "salud" y por lo tanto no puede cuantificar los efectos de las emisiones contaminantes sobre la salud.

En el periodo de estudio, que abarca ocho años, no se observa un incremento, pero tampoco una reducción permanente de los niveles máximos de ozono ni de un aumento en el largo plazo en los volúmenes de ventas de gasolina y diésel. Por otra parte, el número de vehículos automotores registrados aumenta de manera significativa.

Para establecer medidas de política eficaces en la solución del problema de la contaminación ambiental en la Ciudad es necesario incorporar las causas fundamentales al análisis.

Las causas de la contaminación atmosférica de la Ciudad de México son más profundas que las señaladas en los programas aquí analizados. El número de vehículos automotores en circulación sólo es un efecto de situaciones más complejas.

La pregunta que ningún documento oficial contesta es ¿por qué hay tantos autos en la CDMX? La respuesta es simple: porque su población es muy

grande, entonces, ¿por qué la CDMX es la ciudad más poblada del país y una de las más pobladas del mundo? Ese es un tema más complejo, pero muy importante y que va más allá del objetivo de este trabajo, sin embargo, a continuación se comentan brevemente algunos temas relacionados.

La Ciudad de México, que no toda su área conurbada, disfruta de los niveles más altos de vida del país; tiene la mayor concentración de instituciones educativas, de nivel básico a nivel superior, los más grandes y modernos centros hospitalarios, instalaciones y actividades culturales y recreativas, concentra a las principales instituciones financieras, el transporte público es de los más extensos y baratos del país. Por mucho tiempo y de manera creciente, los gobiernos federal y local han otorgado múltiples subsidios a una gran parte de la población en el consumo de bienes y servicios como agua, automóviles nuevos, transporte, escrituración de bienes inmuebles, al pago del impuesto predial, se dan apoyos a los adultos mayores a los alumnos de educación básica, entre otros. Todos estos beneficios generan un importante atractivo a pobladores de otras entidades federativas que migran a la Ciudad en busca de disfrutar de sus ventajas y servicios. El problema es que la densidad de población y el alto nivel de vida se ha traducido en un importante aumento en los precios de los terrenos y la vivienda por lo que muchos de los habitantes de la Ciudad se tienen que establecer en los municipios conurbados del Estado de México donde los precios de la vivienda son más accesibles.

En una cuenca geográfica que hace tiempo resultó insuficiente para dar cabida al número creciente de habitantes, estos se han instalado en los alrededores creando una fuerte demanda por servicios básicos, en especial, servicios de transporte. Aunque la mayor parte de la población del Área Metropolitana de la Ciudad de México vive en los municipios conurbados del Estado de México, esta dispone de medios de transporte muy limitados en comparación con los habitantes de la CDMX, por ejemplo, de 195 estaciones del Sistema de Transporta Colectivo (Metro) 184 están en la CDMX y 11 en el Estado de México.

Continuar elevando el bienestar de la población de la Ciudad a través de subsidios crecientes en cada vez más actividades, y sobre todo, financiados en gran parte por recursos de origen ajeno a la Ciudad (en 2016 alrededor de la mitad de su presupuesto de egresos fueron fondos del gobierno federal) continuará atrayendo a una mayor población por lo que los problemas propios de las grandes metrópolis; pobreza, “ciudades perdidas”, hacinamiento, congestión y contaminación, entre otros, seguirán aumentando.

Bibliografía

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). “Resúmenes mensuales de Temperaturas y Lluvia” [En línea] Disponible en (<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>) . Accesado el 3 de julio de 2017.
- Davis, L. “The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City.” *Journal of Political Economy*, 2008, vol. 116, no. 1
- Davis, L. “Saturday Driving Restrictions Fail to Improve Air Quality in Mexico City”, *Scientific Reports*, 2017.
- Enders, W. “Applied Econometric Time Series.” Wiley, 1995.
- Eskeland, G. & Feyzioglu, T. “Rationing Can Backfire: The Day Without a Car in Mexico City.” *World Bank Economic Review* 11-3, 383-408 (1997).
- Gallego, F., J-P. Montero, and C. Salas. “The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American Cities”, *Journal of Public Economics* 107: 47-62. 2013.
- Girard, J. “Principles of Environmental Chemistry”, Jones and Bartlett Learning, 2005.
- Laffont, J. “Fundamentals of Public Economics.” The MIT Press, 1994
- Medina, Salvador. “Hoy no circula: buenas intenciones, malos efectos.” NEXOS, junio 24 de 2014.
- Mokate, K. Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿qué queremos decir? Documento de Trabajo I-24. BID. Washington, D.C.: INDES. 2001.
- Molina, L y Molina, M. “Air quality in the Mexico megacity. An integrated assessment.”
- Dordrecht-Boston- Londres: Kluwer Academic Publishers (2002).
- NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-167-SEMARNAT-2016
- NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014
- Número de vehículos automotores registrados en la Ciudad de México. Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) del INEGI. 2014 [Disponible en línea: <http://sc.inegi.org.mx/cobdem/resultados.jsp?w=68&Backidhecho=98&Backconstem=96&constembd=028&tm='Backidhecho:2,Backconstem:2,constembd:3'>]]. Accesado el 3 de julio de 2017.
- PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR OBLIGATORIA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2017. Gaceta Oficial de la Ciudad de México número 230, 27 de diciembre de 2016 [En línea, disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/224776/PCAA-CDMX-_2017__1_.pdf]

Paz, Luis. "La Suprema Corte y lo que falta por decidir sobre el uso del automóvil." NEXOS, marzo 22 de 2016

White, L. "The Regulation of Air Pollutant Emissions from Motor Vehicles." American Enterprise Institute for Public Policy Research, 1982

DECRETO POR EL QUE SE EXPIDE EL PROGRAMA HOY NO CIRCULA EN EL DISTRITO FEDERAL. Gaceta oficial del Distrito Federal, número 1882. 19 de junio de 2014 [Disponible en línea: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/hoy-no-circula/decreto-programa-hoy-no-circula-segundo-semester-2016.pdf>] . Accesado el 3 de julio de 2017.

PROGRAMA PARA CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO. PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2017. Gaceta Oficial de la Ciudad de México número 230, 27 de diciembre de 2016 [En línea, disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/224776/PCAA-CDMX-_2017__1_.pdf]

Mokate 2001. Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿qué queremos decir?

Documento de Trabajo I-24. BID. Washington, D.C.: INDES.

RECURSO DE QUEJA 46/2017 del Décimo Cuarto Tribunal Colegiado en Materia Administrativa [Disponible en línea: (<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>)] . Accesado el 3 de julio de 2017.

-Suprema Corte de Justicia, Segunda Sala. "Tesis Jurisprudencial num. 2a./J. 125/2015 (10a.) de (Contradicción de Tesis)" octubre 2015. [en línea] Disponible en (<http://suprema-corte.vlex.com.mx/vid/contradiccion-tesis-585014082>) Accesado el 3 de julio de 2017

Volumen de ventas de gasolinas y diesel en la Ciudad de México. Secretaría de Energía Gobierno Federal. [Disponible en línea: <http://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>]] . Accesado el 3 de julio de 2017.

Concentraciones de ozono. Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. [Disponible en línea: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc='aqBjnmU='>]] . Accesado el 3 de julio de 2017.