

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO. (1986-2016)

ANALYSIS ON AIR POLLUTION IN THE MEXICO CITY
METROPOLITAN AREA. (1986-2016)

Enrique Rodolfo Bazúa Rueda

UNAM, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química (jubilado desde
octubre de 2019),
Asesor académico permanente de los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería
Química Ambiental y de Química Ambiental (1985 a la fecha)
Conjunto E, Edificios E-2 Ingeniería Química y E-3 Alimentos y Química Ambiental,
Circuito de la Investigación Científica s/n,
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

Correos:
erbr@quimica.unam.mx
erbr@unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3006-3761>

FOLIO: A11N107.25/1023

Resumen

En este documento se abordaron los siguientes temas: El índice Metropolitano de la Calidad del Aire, la problemática de la antigua cuenca lacustre que hoy es la zona metropolitana del valle de México así como los programas que hay para mejorar la calidad de su atmósfera, la presencia del azufre congénito en las gasolinas y el caso de la verificación vehicular instaurada en los últimos años del siglo XX así como el seguimiento atmosférico de los contaminantes en esa esfera ambiental. Esta primera parte abordó los años 1986-2016. En la segunda parte se abordará la problemática de la formación de ozono a lo largo de los años 2016-2024, que sigue sin resolverse. Se dieron en esta primera parte algunas pautas para conducir a las autoridades metropolitanas hacia el objetivo superior de alcanzar una calidad de aire mejor para los mexicitadinos y sus vecinos que, desafortunadamente, no fueron tomadas en cuenta y por ello siguen las contingencias por ozono troposférico.

Palabras clave: Zona Metropolitana del Valle de México, calidad atmosférica, verificación vehicular, Programa Hoy No Circula.

Abstract

In this document, the following topics were addressed: The Metropolitan Air Quality Index, the problems of the old lake basin that is today the metropolitan area of the Valley of Mexico, as well as the programs that exist to improve the quality of its atmosphere, the presence of congenital sulfur in gasoline and the case of vehicle verification established in the last years of the 20th century as well as atmospheric monitoring of pollutants in that environmental sphere. This first part addressed the years 1986-2016. The second part will address the problem of ozone formation over the years 2016-2024, which remains unresolved. Some guidelines were given in this first part to guide metropolitan authorities towards the higher objective of achieving better air quality for the residents of Mexico City and their neighbors, which, unfortunately, were not taken into account, and therefore, the contingencies due to tropospheric ozone continue.

Keywords: Metropolitan Zone of the Valley of Mexico, atmospheric quality, vehicle verification, "Hoy No Circula" Program.

Introducción

La antigua cuenca lacustre de México encontrada por los conquistadores españoles a principios del siglo XVI como una zona de ensueño se ha convertido en una de las megalópolis del Planeta Tierra, con todos los problemas ambientales que esto conlleva. En este documento se abordará la contaminación atmosférica de la ahora llamada Zona Metropolitana del Valle de México. Este documento está dividido en cuatro partes:

- **IMECA** (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire)
- Problemática y Programas
- Azufre en gasolinas
- Verificación vehicular y monitoreo atmosférico de contaminantes

La Zona Metropolitana del Valle de México tiene aproximadamente 3,540 km² (Figura 1) y, además de la actual Ciudad de México, incluye municipios denominados conurbados.

De acuerdo con el documento del Centro Molina para Energía y Ambiente de la

Ciudad de México, “Evaluación costo beneficio de la mejora en la calidad de los combustibles automotrices en el país”, publicado en diciembre de 2005, las emisiones a la atmósfera como contaminantes y sus efectos principales se encuentran en la Figura 2. En esta figura el autor destaca los contaminantes de criterio para lo que se denominó IMECA a finales del Siglo Veinte, Índice Metropolitano de la Calidad del Aire: Monóxido de carbono, CO, ozono, óxidos de nitrógeno, NOx, dióxido de azufre, SO₂, así como material particulado, por sus siglas en inglés *PM* (*particulate matter*), de 10 y de 2.5 micrómetros de diámetro nominal (no son necesariamente esféricas). La figura está dividida en tres partes, la “columna” izquierda indica las emisiones, la central tiene el tipo de contaminante que, si se forma de manera directa se le llama primario o si se crea ya en la atmósfera a causa de las reacciones químicas de los contaminantes de la primera “columna” se le llama secundario y la derecha los efectos que causan. Es importante mencionar que cuando se creó este índice todavía estaba el plomo, derivado de la adición a las gasolinas de un “supercontaminante”, del tetraetilo de plomo.

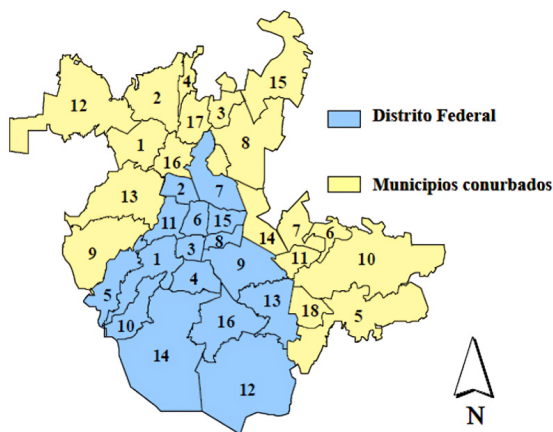


Figura 1a. Zona Metropolitana del Valle de México (acceso libre)

¹La palabra conurbado no existe en español, solamente conurbación, del inglés conurbation. 1. Palabra femenina. Conjunto de varios núcleos urbanos inicialmente independientes y contiguos por sus márgenes que, al crecer, acaban formando una unidad funcional (<https://dle.rae.es/conurbaci%C3%B3n?m=form>) [Real Academia Española © Todos los derechos reservados]

	Delegación	Superficie * (km²)
1	Álvaro Obregon	95.9
2	Azcapotzalco	33.7
3	Benito Juárez	26.5
4	Coyoacán	53.9
5	Cuajimalpa	70.8
6	Cuauhtémoc	35.5
7	Gustavo A. Madero	88.1
8	Iztacalco	23.2
9	Iztapalapa	113.5
10	M. Contreras	63.5
11	Miguel Hidalgo	46.3
12	Milpa Alta	287.5
13	Tláhuac	86.3
14	Tlalpan	308.7
15	Venustiano Ca- rranza	33.8
16	Xochimilco	119.2
	Total	1,486.4

Figura 1b. Ciudad de México y sus demarcaciones terri-
toriales (acceso libre)

	Delegación	Superficie * (km²)
1	Álvaro Obregon	95.9
2	Azcapotzalco	33.7
3	Benito Juárez	26.5
4	Coyoacán	53.9
5	Cuajimalpa	70.8
6	Cuauhtémoc	35.5
7	Gustavo A. Madero	88.1
8	Iztacalco	23.2
9	Iztapalapa	113.5
10	M. Contreras	63.5
11	Miguel Hidalgo	46.3
12	Milpa Alta	287.5
13	Tláhuac	86.3
14	Tlalpan	308.7
15	Venustiano Ca- rranza	33.8
16	Xochimilco	119.2
	Total	1,486.4

Figura 1c. Municipios conurbados pertenecientes al
estado de México (acceso libre)

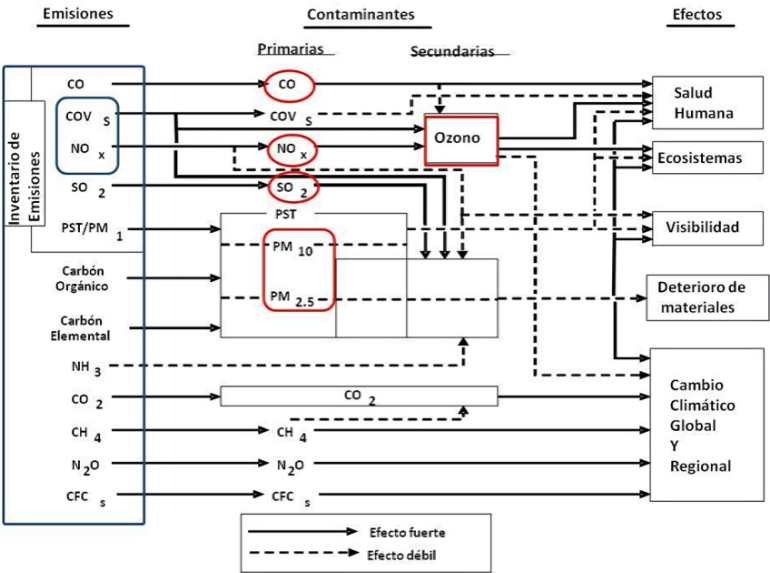


Figura 2. Emisiones a la atmósfera como contaminantes y sus efectos principales (cortesía del Centro Molina
para Energía y Ambiente de la Ciudad de México)

Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)

En 1982 se diseñó el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), cuya metodología transforma a una escala adimensional las concentraciones de los contaminantes criterio. Su fundamento es el Índice Estándar de Contaminantes (Pollutant Standard Index o PSI por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos (EE.

UU.). Establece en 100 puntos el límite de protección a la salud para cada contaminante. El índice IMECA es proporcional a la concentración del contaminante en el aire (Tabla 1) (Red Automática de Monitoreo Atmosférico, RAMA, <http://www.aire.cdmx.gob.mx/>).

Tabla 1. Contaminantes de criterio considerados para calificar la calidad del air en forma proporcional

Calificativo de la calidad del aire	IMECA
Buena	0-50
Regular	51-100
Mala	101-150
Muy mala	151-200
Extremadamente mala	> 200

Calidad del aire	Mensajes de riesgos a la salud y acciones asociados a la calidad del aire (IMECA > 100 hay riesgo a la salud)
Buena 0 - 50	Adecuada para llevar a cabo actividades al aire libre
Regular 51 - 100	Posibles molestias en niños, adultos mayores y personas con enfermedades Se pueden llevar a cabo actividades al aire libre
Mala 101 - 150	Causante de efectos adversos a la salud en la población, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma Evite las actividades al aire libre "Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos"
Muy mala 151 - 200	Causante de mayores efectos adversos a la salud en la población general, en particular los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma Evite salir de casa y mantenga las ventanas cerradas "Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos"
Extremadamente mala > 200	Causante de efectos adversos a la salud de la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños y los adultos mayores con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma Proteja su salud, evite salir de casa y mantenga las ventanas cerradas "Acuda al médico si presenta síntomas respiratorios o cardiacos" "No use el automóvil"

A continuación, en la Tabla 2, se presentan los límites máximos permisibles de protección a la salud establecidos por las

Normas Oficiales Mexicanas, NOM, que son de carácter obligatorio.

Tabla 2. Límites permisibles de protección a la salud que establecen las normas oficiales mexi- canas

Contami- nante	Norma Oficial Mexicana	Valor del límite permisible IMECA = 100	Forma de integración al IMECA
PM ¹⁰ < 10 µm	NOM-025-SSA1-1993 NOM-025-SSA1-2014	120 µg/m³ 75 µg/m³	Promedio móvil de 24 horas
PM ^{2.5} < 2.5 µm	NOM-025-SSA1-1993 NOM-025-SSA1-2014	65 µg/m³ 45 µg/m³	Promedio móvil de 24 horas
O ³ Ozono	NOM-020-SSA1-1993 NOM-020-SSA1-2014	0.110 ppm 0.095 ppm	Promedio de una hora
NO ²	NOM-023-SSA1-1993	0.210 ppm	Promedio de una hora
SO ²	NOM-022-SSA1-1993 NOM-022-SSA1-2010	0.130 ppm 0.110 ppm	Promedio móvil de 24 horas
CO	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm	Promedio móvil de 8 horas

De acuerdo con el autor, valores límite menores ayudan a tomar acciones más tempranas para mejorar la calidad del aire (se activan las contingencias con concentraciones de contaminantes menores). Asimismo, las contingencias ambientales se decretan por Ozono y/o Partículas, cuando la Calidad del Aire es “Muy Mala” (Figura 3).



Figura 3. Captura de pantalla del lunes 01 de agosto de 2016 por parte del autor

Figura 5b. Época de secas

Las fuentes móviles son los contribuyentes mayores para los precursores de ozono, aviones, autobuses, vehículos particulares, vehículos públicos, camiones de carga, etc. Algunos trenes solamente contaminan cuando llegan a circular y no contaminan los trolebuses que pueden

circular con electricidad cuando se conectan a ella y, afortunadamente, el sistema de transporte colectivo metropolitano que es eléctrico, el llamado "Metro". La Tabla 3 muestra el efecto sobre el ozono de estas fuentes móviles.

Tabla 3. Emisiones de contaminantes en la ZMVM por tipo de fuente (Inventario de emisiones de contaminantes y de efecto invernadero 2012, ZMVM, GDF 2013)

Fuente contaminante	Precusores de ozono										
	Emisiones [t/año]										
	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOX	COT	COV	NH ₃	Tóxicos	CN	CO ₂
Puntuales	7,491	1,219	4,157	7,357	13,349	183,679	174,698	245	35,304	162	162
Área	21,841	4,995	289	20,249	12,449	474,418	231,282	39,025	94,195	278	278
Móviles	3,966	2,946	421	1,578,442	209,717	210,328	199,824	4,922	59,512	1,676	1,676
Vegetación y suelos	1,379	291	N/A	N/A	3,617	26,944	26,944	N/A	6,804	N/S	N/A
Total	34,677	9,451	4,867	1,606,048	239,132	895,369	632,748	44,192	195,815	2,116	49,503,010
Emisiones [%]											
Puntuales	21.6	12.9	85.4	0.5	5.6	20.5	27.6	0.6	18.0	7.7	21.6
Área	63.0	52.9	5.9	1.3	5.2	53.0	36.5	88.3	48.1	13.1	29.0
Móviles	11.4	31.1	8.7	98.2	87.7	23.5	3.6	11.1	30.4	79.2	49.3
Vegetación y suelos	4.0	3.1	N/A	N/A	1.5	3.0	4.3	N/A	3.5	N/S	N/A
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
N/A. No Aplica-N/S No significativo											
Autos particulares	564	259	138	392,051	50,566	61,131	58,891	2,315	15,943	71	7,338,726
Camionetas particulares SUV	165	79	57	157,039	17,808	21,193	20,229	635	5,462	22	3,114,078
Taxis	240	110	56	302,387	39,204	24,949	24,034	980	7,548	30	2,776,898
				%Móviles	51.3	51.0	51.6				
				%Total	45.0	12.0	16.3				

Señala el autor que la "piramidación" del parque vehicular es consecuencia de su renovación, especialmente del sector de la sociedad que puede tener varios automóviles y desea circular con todos ellos cualquier día de la semana (Tabla 4). También señala, de acuerdo con los valores de la NOM-042-SEMARNAT-2005

publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de septiembre de 2005, que aplica para vehículos nuevos sus factores de emisión, lo que implica que contaminan menos pero contaminan (Tabla 5). Y, lo más grave, es que su número sigue en aumento ya que el sistema público es cada vez más insuficiente pues la población

de la ZMVM sigue en aumento en vez de disminuirse con la explosión inmobiliaria en zonas donde había casas habitación y ahora se construyen condominios verticales y horizontales aumentando los requerimientos de servicios comunita-

rios. Eso ocurre, sobre todo en algunas demarcaciones territoriales consideradas bastiones de la llamada clase media que son quienes pueden adquirir vehículos particulares (Tabla 6).

Tabla 4. Parque vehicular por año modelo y combustible en la ZMVM (Inventario de emisiones de contaminantes y de efecto invernadero 2012, ZMVM, GDF 2013)

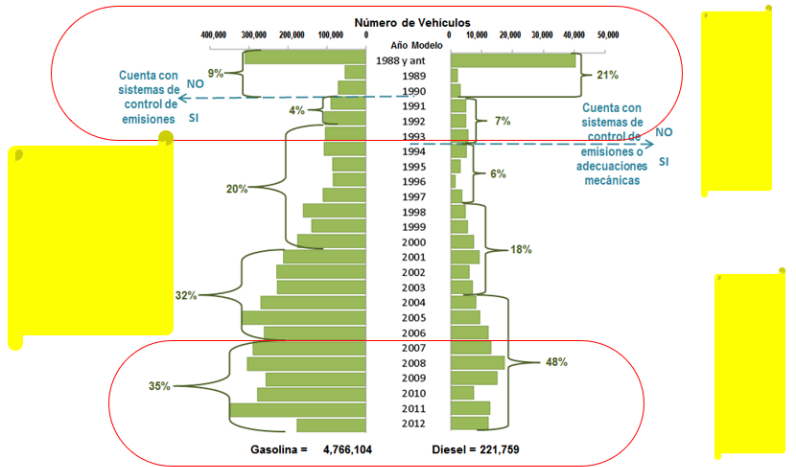


Tabla 5. Factores de emisión para automóviles particulares a gasolina en g/km (Inventario de emisiones de contaminantes y de efecto invernadero 2012, ZMVM, GDF 2013)

Modelo o año del vehículo	Compuestos orgánicos volátiles COV	Monóxido de carbono (CO)	Óxidos de nitrógeno (NOX)
1990	4.137	16.46	2.23
2000	2.127	12.12	1.64
2012	0.542	6.74	0.91
NOM	0.156	2.11	0.25

Tabla 6. Crecimiento del número de vehículos registrados, RVR, en la ZMVM en años-calendario (Inventario de emisiones de contaminantes y de efecto invernadero 2012, ZMVM, GDF 2013)

Año	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
NVR	2,329,095	2,493,613	2,520,818	2,768,111	3,054,198	3,893,409	3,893,409	4,111,771	4,623,138	5,024,618	5,012,750

Algo interesante para el autor es que en este lapso el consumo de gasolina, que es el combustible más usado en los vehículos particulares, no ha aumentado sensiblemente (Figura 6). La conjetura del autor es que la estabilización de la

venta de gasolina, en contraposición con el incremento del parque vehicular, indica una saturación vehicular en el Valle de México y las personas no sacan todos sus automóviles a circular, sino que los tienen almacenados para las contingencias.

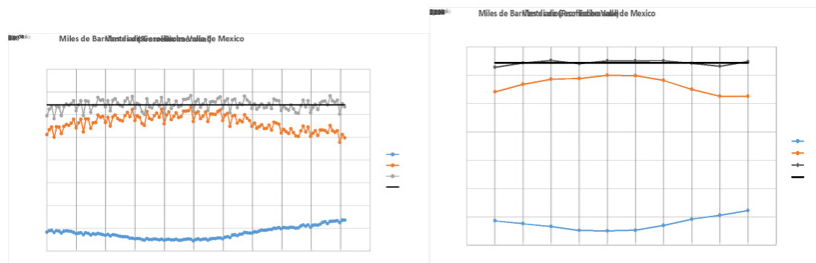


Figura 6. Venta de gasolina en el Valle de México 2006-2015 (INEGI, con datos de PEMEX, 2016)

Programas

Todos los programas hablan de buenas intenciones, pero poco se hace. Todo queda en el papel y la propaganda para ganar votos en épocas electorales.

Un ejemplo de ello, dentro de los programas destaca el PROAIRE 2011-2020 y a continuación en la Tabla 7 se presenta su eje rector y lineamientos estratégicos. El PROAIRE está constituido por 8 estrategias, mismas que contienen en total 81 medidas y 116 acciones.

Tabla 7. Eje Rector del PROAIRE: Establecer un enfoque ecosistémico en la gestión de la calidad del aire en la ZMVM

Estrategia 1	Ampliación y refuerzo de la protección a la salud
Estrategia 2	Disminución estructural del consumo energético de la ZMVM
Estrategia 3	Calidad y eficiencia energéticas en todas las fuentes
Estrategia 4	Movilidad y regulación del consumo energético del parque vehicular
Estrategia 5	Cambio tecnológico y de control de emisiones
Estrategia 6	Estrategia 6 Educación ambiental. Cultura de la sostenibilidad y participación ciudadana.
Estrategia 7	Manejo de áreas verdes, reforestación y naturación urbanas.
Estrategia 8	Fortalecimiento institucional e investigación.

Azufre en gasolinas

El Centro Molina para Energía y Ambiente Ciudad de México, en su documento de diciembre de 2005 ya mencionado “Evaluación costo beneficio de la mejora en la calidad de los combustibles automotrices en el país” hizo una clasificación de las

tecnologías automotrices, especificaciones de combustibles y emisiones que se muestran en la Tabla 8. Es claro que ningún vehículo en México cumple con la NOM.

Tabla 8. Tecnologías automotrices disponibles para vehículos a gasolina y Diesel y sus emisiones

Categoría	Tecnología automotriz	Especificación Diesel ppm S	Especificación Gasolina ppm S	Emisiones de HC Tot (Aut part.) g/km
1	Mínimos requerimientos de control vehicular (Holograma: Dos)	3000	1000	6.255

2	Control de emisiones equivalentes a las normas Tier 0, Tier 1, Euro 1, Euro 2 (Holograma: Uno, Cero y 00)	300	200	(1) 3.59 (0) 1.047 (00) 0.308
3	Control de emisiones equivalentes a las normas US California, LEV, ULEV, Tier 2, Euro 3 y Euro 4	30	30	0.047
4	Avanzados sistemas de control de emisiones en NOx y PM, equivalentes a las normas US California LEV II y Euro 5	5-10	5-10	

Nota: El mismo Centro Molina para Energía y Ambiente Ciudad de México señala que, para 2020, si se usan gasolinas de ultrabajo azufre se tendrán mejores resultados (Figura 7) "con beneficios 2.4 veces superiores a los costos asociados" (sic del documento). Algo interesante es que el Dr. Francisco J. Barnés en entrevista personal con el autor señala que baja el azufre pero suben otros contaminantes.

ESCENARIO BASE		ESCENARIO ULTRA BAJO AZUFRE.	
Incremento en las emisiones 2002 a 2020:		Disminución en las emisiones en el año 2020 respecto al escenario base:	
Hidrocarburos totales	+23%	Hidrocarburos totales	-52%
Óxidos de nitrógeno	+43%	Óxidos de nitrógeno	-64%
Monóxido de carbono	+ 9%	Monóxido de carbono	-44%
		Material particulado	-55%



Figura 7. Reducción de emisiones por la introducción de gasolina y diésel de ultra bajo azufre (Centro Molina para Energía y Ambiente Ciudad de México, 2005: "Evaluación costo beneficio de la mejora en la calidad de los combustibles automotrices en el país")

Y se señalan dentro de las acciones para mejorar la calidad del aire las que aparecen en la Figura 8.

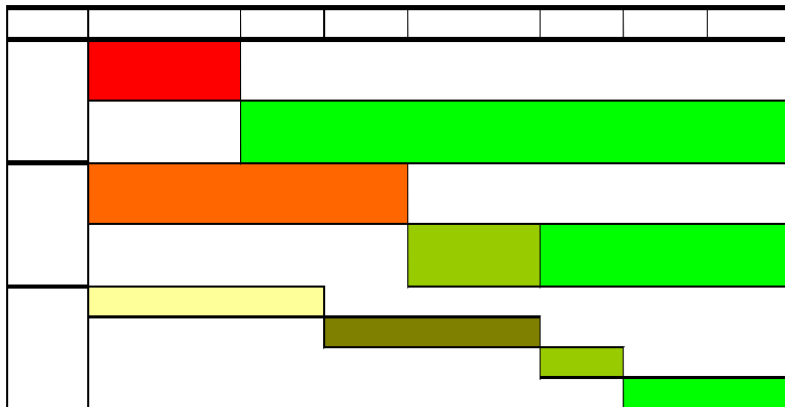


Figura 8. Acciones para tener un aire más limpio (limpio no lo permite la termodinámica)

El calendario propuesto para cumplirse completamente hace casi 15 años era el presentado en la Tabla 9 para la introducción de combustibles con bajo contenido de azufre (NOM-086-SEMARNAT-SENER-

SCFI-2005). Y, en 2015, anunció Pemex, **inversiones por 23 mil millones de dólares** (Comunicado de prensa, diciembre 8, 2015).

Tabla 9. Calendario para la introducción de combustibles con bajo contenido de Azufre (NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005)



- Proyecto GUBA.** Producción de gasolinas de ultra bajo azufre (UBA) en las seis refinerías del país, cuya inversión total ascenderá a 3 mil 100 millones de dólares con una producción final de más de 210 mil barriles diarios, **lo que permitirá reducir en más de 90 por ciento la emisión de gases de efecto invernadero y la emisión de contaminantes a la atmósfera.**
- Proyecto DUBA.** Proyecto de diesel de ultra bajo azufre se desarrollará en las seis refinerías con una inversión de 3 mil 900 millones de dólares para la construcción de 19 plantas nuevas y la modernización de 17 unidades externas, con lo cual se reducirán las importaciones de este combustible.
- Pemex invertirá casi 5 mil millones de dólares para la **reconfiguración de la refinería de Tula**, con lo que se ampliará la capacidad de procesamiento de crudo en 25 mil barriles diarios para llegar a una capacidad instalada total de 340 mil barriles. Con ello, esta refinería ocupará el primer lugar en cuanto a capacidad de refinación en el país.
- Los proyectos de las **reconfiguraciones de las refinerías de Salamanca y Salina Cruz** significarán una inversión adicional de 8 mil millones de dólares.
- En el evento, Lozoya informó también sobre el avance de los cuatro primeros **proyectos de cogeneración** que desarrolla Petróleos Mexicanos a través de la empresa productiva subsidiaria Pemex Cogeneración y Servicios. Dichos proyectos, que representan una inversión superior a 3 mil millones de dólares y generarán 7 mil 300 empleos, se están realizando en las refinerías de Tula, Hidalgo; Cadereyta, Nuevo León, y Salina Cruz, Oaxaca, así como en el complejo procesador de gas de Cactus, Chiapas.

Verificación vehicular y monitoreo atmosférico de contaminantes

Los valores de criterio máximos del Programa de Verificación Vehicular obligatorio en la Ciudad de México, como se llama el Distrito Federal desde febrero de 2016, la concentración de contaminantes para obtener a) el holograma cero o doble cero, para los distintos semestres desde el año 2000 a la fecha se muestra en la Tabla 10

beneficiando a quienes tenían estos tipos de vehículos. Para los hologramas 1 y 2 los límites son desastrosos para la salud de quienes respiran el aire de la ZMVM. Con base en estos límites no resulta sorprendente que el ozono no se reduzca. Una muestra para 2015 obtenida de datos de la RAMA se presenta en la Tabla 11.

Tabla 10. Valores de criterio máximos del Programa de Verificación Vehicular para obtener: a) el holograma cero o doble cero, b) el holograma 1, c) el holograma 2 para modelos 1991 y posteriores, d) el holograma dos para modelos 1990 y anteriores, para los distintos semestres desde el año 2000 a la fecha ejemplificados con el inciso (a)

	Semestre	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Óxido de nitrógeno	Oxígeno	Dilución		Lambada
		(HC) (ppm)*	(CO) (%vol.)	(NO _x =NO+NO ₂) (ppm)	(O ₂) (%vol.)	Mín.	Máx.	
		(CO+CO ₂) (%vol.)						
a)	2000-1	100	1.0	800	6.0	7	18	-
	2000-2 a 2004-1	100	1.0	1200	6.0	7	18	-
	2004-2 a 2007-1	100	1.0	1200	6.0	7	18	-
	2007-2 a 2008-2	50	0.4	800	3.0	13	16.5	1.05
	2009-1 a 2011-2	50	0.4	800	3.0	13	16.5	1.05
	2012-1 a 2014-1	100	0.6	1000	0.6	13	16.5	1.05
	2014-2 y 2015-1	100	0.6	1000	0.6	13	16.5	1.05
	2015-2	100	0.6	1000	0.6	13	16.5	1.05
	2016-1	100	0.6	1000	0.6	13	16.5	1.05
	2016-2	80	0.4	250	0.4	13	16.5	1.03
b)	2016-2	100	0.7	700	2.0	13	16.5	1.03
c)	2016-2	100	0.7	700	2.0	13	16.5	1.05
d)	2016-2	350	2.5	2000	2.0	13	16.5	1.05

Nota: Se subieron los límites al inicio del sexenio priísta 2012-2018 para (a) y se bajaron hasta el segundo semestre de 2016 a los que se tenían hasta 2011-2 para HC y CO, reduciendo realmente solamente a los NO_x precursores de ozono hasta 2016-2 (de subírtlos a 1000 y reducirlos a 250 ppm y el oxígeno de 3 a 0.6 y luego a 0.4% vol)

Tabla 11. Concentraciones de ozono (ppb) (muestra para enero de 2015) tomados de la base de datos de la RAMA (<http://www.aire.cdmx.gob.mx/>)

Estaciones														Máxima horaria		Máxima en el día			
Fecha	Hora	ACO	AJM	AJU	ATI	BJU	CAM	CCA	CHO	COY	CUA	UAX	UIZ	VIF	XAL	Máx	Fecha	Máx	IMECA

01/01 /2015	1	4	8	20	21	-99	2	2	3	2	14	2	2	2	-99	26	SFE	01/01 /2015	108	114
01/01 /2015	2	5	2	31	16	-99	2	4	6	2	9	2	2	3	-99	31	AJU	01/01 /2015	48	51
01/01 /2015	3	6	3	26	10	-99	3	1	4	2	14	2	4	3	-99	26	AJU	01/01 /2015	43	45
01/01 /2015	4	7	6	17	7	-99	3	2	5	2	28	4	4	2	-99	28	CUA	01/01 /2015	68	72
01/01 /2015	5	6	2	20	5	-99	3	1	4	2	9	5	4	5	-99	21	SFE	01/01 /2015	36	38
01/01 /2015	6	6	4	21	6	-99	2	1	4	2	25	4	5	1	-99	25	CUA	01/01 /2015	47	49
01/01 /2015	7	4	27	16	5	-99	2	1	3	2	32	3	4	2	-99	32	CUA	01/01 /2015	60	63
01/01 /2015	8	5	26	12	4	-99	2	2	2	2	28	4	3	1	-99	28	CUA	01/01 /2015	52	55
01/01 /2015	9	6	19	14	9	-99	5	4	7	5	25	6	5	2	-99	25	CUA	01/01 /2015	76	80
01/01 /2015	10	18	35	28	26	-99	12	22	27	21	38	23	17	5	-99	40	SFE	01/01 /2015	82	86
01/01 /2015	11	41	58	32	49	-99	38	54	31	50	56	51	49	25	-99	60	SFE	01/01 /2015	104	109
01/01 /2015	12	49	79	34	66	-99	66	75	30	70	73	52	57	54	-99	80	SFE	01/01 /2015	121	127
01/01 /2015	13	51	83	34	81	-99	75	72	32	73	88	57	55	69	-99	97	SFE	01/01 /2015	132	139
01/01 /2015	14	54	37	37	74	-99	68	56	34	60	103	59	50	75	-99	108	SFE	01/01 /2015	110	116
01/01 /2015	15	50	38	42	98	-99	62	43	37	54	86	44	44	65	-99	99	FAC	01/01 /2015	122	128
01/01 /2015	16	46	39	42	93	-99	57	41	37	45	63	40	41	47	-99	93	ATI	01/01 /2015	113	119
01/01 /2015	17	47	38	39	61	-99	42	39	36	41	56	39	42	46	-99	66	AJM	01/01 /2015	111	117
01/01 /2015	18	40	35	40	42	-99	34	34	33	36	36	35	35	33	-99	42	AJM	01/01 /2015	102	107
01/01 /2015	19	30	37	29	15	-99	22	31	13	30	23	29	26	16	-99	37	AJM	01/01 /2015	95	100
01/01 /2015	20	18	35	18	6	-99	10	19	10	17	19	20	13	10	-99	35	AJM	01/01 /2015	119	125
01/01 /2015	21	7	30	12	6	-99	2	11	78	4	10	7	5	5	-99	30	AJM	01/01 /2015	92	97
01/01 /2015	22	3	32	8	14	-99	2	2	8	5	12	16	8	1	-99	32	AJM	01/01 /2015	66	69
01/01 /2015	23	3	33	14	3	-99	1	1	5	4	12	7	6	0	-99	33	AJM	01/01 /2015	76	80
01/01 /2015	24	3	32	15	3	-99	1	1	3	2	19	5	8	0	-99	32	AJM	01/01 /2015	73	77
02/01 /2015	1	2	32	16	5	-99	2	0	5	2	27	10	7	0	-99	32	AJM	02/01 /2015	86	91
02/01 /2015	2	3	31	10	6	-99	1	0	4	2	28	9	8	0	-99	31	AJM	02/01 /2015	93	98
02/01 /2015	3	2	20	11	5	-99	1	1	11	2	30	8	9	0	-99	31	SFE	02/01 /2015	92	97
02/01 /2015	4	2	28	17	4	-99	1	0	10	2	29	8	10	0	-99	29	CUA	02/01 /2015	68	72

Calidad del aire por ozono

El número de días del año en que se excedió la norma de 100 IMECA en la calidad del aire por ozono de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) de 1986 a la fecha, elaborada con la base de datos de la RAMA se presenta en la Figura 9. La tendencia decreciente, a partir de que se introdujo el Holograma

"0", es una muestra de su eficacia, aunque debe mencionarse que las personas que no pueden adquirir los vehículos nuevos o seminuevos deben usar el transporte público al menos dos días a la semana y, en ocasiones, más días. Esto se ve gráficamente muy bien en la Figura 10.

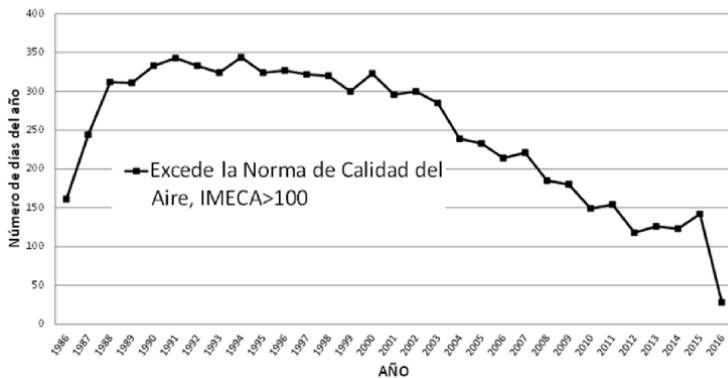


Figura 9. Número de días del año en que se excedió la norma de 100 IMECA en la calidad del aire por ozono de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) de 1986 a la fecha (<http://www.aire.cdmx.gob.mx/>)

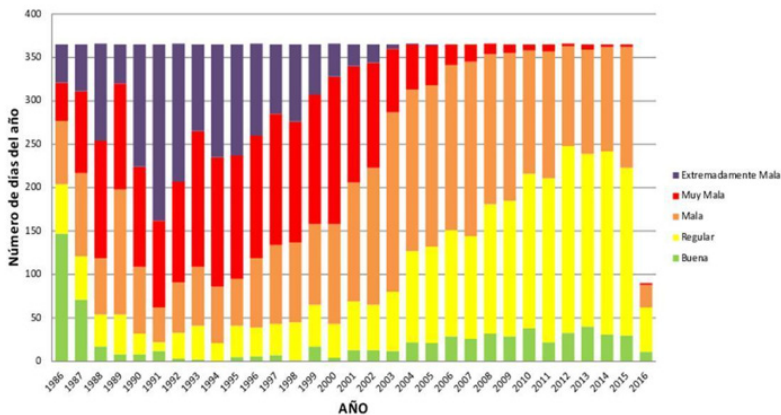


Figura 10. Los mismos datos de la Figura 9 graficados en otra forma (<http://www.aire.cdmx.gob.mx/>)

Abordando el mismo tema, la concentración máxima diaria de ozono para cada año en la Zona Metropolitana del Valle de México y mostrando el valor que se registró el 14 de marzo de 2016 a las 17 horas, elaborada con la base de datos de la RAMA, indica que cuando hay estancamiento por políticas equivocadas en el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio ocurren

las contingencias (Figura 11). La señal de alarma se prendió desde 2013, pero las autoridades no hicieron nada para abordar la problemática de los precursores de la formación del ozono troposférico. En las Figuras 12a, b y c se muestran las concentraciones de monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno que clarifican esto (Figura 13).



Figura 11. Zona Metropolitana del Valle de México mostrando el valor que se registró el 14 de marzo de 2016 a las 17 horas (elaborada con la base de datos de la RAMA; <http://www.aire.cdmx.gob.mx/>)

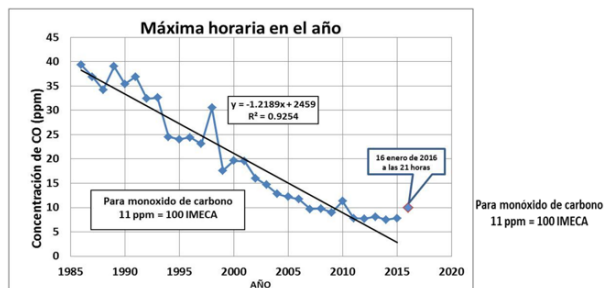


Figura 12a. Concentración máxima diaria de monóxido de carbono (CO) para cada año en la Zona Metropolitana del Valle de México mostrando el valor que se registró el 16 de enero de 2016 elaborada con la Base de datos de la RAMA (arriba)

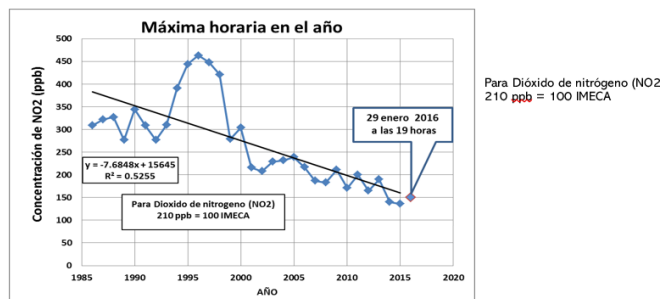
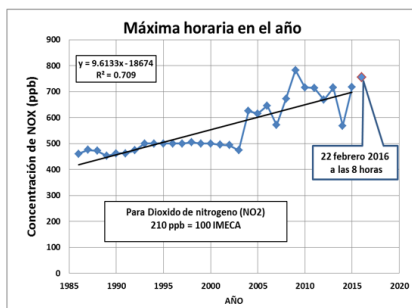


Figura 12b. Concentración máxima diaria de óxidos de nitrógeno (NOx) para cada año en la Zona Metropolitana del Valle de México mostrando el valor que se registró el 22 de febrero de 2016 (ver arriba la fuente)



Para Dióxido de nitrógeno (NO₂)
210 ppb = 100 IMECA

Figura 12c. Concentración máxima diaria de óxidos de nitrógeno (NOx) para cada año en la Zona Metropolitana del Valle de México mostrando el valor que se registró el 22 de febrero de 2016, elaborada con la base de datos de la RAMA (ver arriba la fuente)

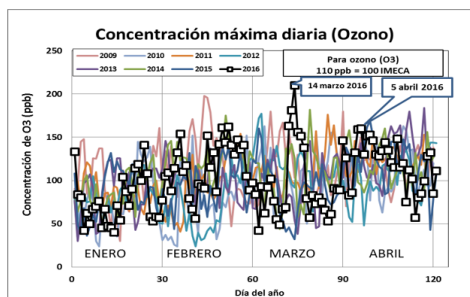


Figura 13. Concentración máxima diaria de ozono (O₃) para los primeros cuatro meses de los años 2009 a 2016 en la ZMVM mostrando el valor que se registró el 14 de marzo de 2016 y el 05 de abril de 2016, por los cuales se decretaron contingencias ambientales (ver arriba la fuente)

Tal vez esta información resulte familiar a los lectores a lo largo de los 8 años que han transcurrido desde que el autor acopió estos datos para presentarlos en 2016. El gobierno federal ha cambiado en este lapso pero los ciudadanos y las autoridades no hemos aprendido a aplicar la química atmosférica para beneficio de la salud de la población y, sobre todo, a educar a la población para que lo comprenda. **No hay evidencia de que el HOY NO CIRCULA AMPLIADO** haya servido para reducir la contaminación por ozono.

Escenarios para reducir las emisiones contaminantes de los vehículos automotores

A) El decretado el 30 de marzo de 2016 contenido en el **Acuerdo por el que se dan a conocer las Medidas Temporales** Se limita la circulación de los vehículos automotores, **sin considerar el holograma que porten (00, 0, 1 y 2)**, así como un sábado

al mes, de acuerdo con el último dígito numérico de las placas de circulación.

B) La precontingencia ambiental por ozono del **PROGRAMA PARA CONTINGENCIAS AMBIENTALES** Dejan de circular vehículos con hologramas de verificación "1" y "2" y permisos, con terminación numérica de placa de circulación non o par de manera alternada.

C) Dejan de circular todos los vehículos con holograma de verificación "2" de las 5:00 a las 22:00 horas de lunes a viernes.

D) Dejan de circular vehículos con holograma de verificación "1" y holograma de verificación "2" de las 5:00 a las 22:00 horas un día adicional a la semana.

A continuación, el autor presenta la reducción de vehículos en circulación: Autos particulares, vehículos suburbanos en una megalópolis, SUV -suburban vehicles- en

inglés, de la clase media que se siente alta y de algunos funcionarios públicos y privados (tal vez porque los vehículos son más altos de lo normal) y taxis y de

emisiones de distintos contaminantes de acuerdo con el escenario planteado. Se resaltan en rojo los valores calculados mayores (Tabla 12).

Reflexiones finales

- La medida que ha favorecido la reducción de la contaminación en la ZMVM es la existencia del Holograma “0”
 - Favorece la renovación del parque vehicular con vehículos menos contaminantes
 - Saca de circulación a los vehículos más contaminantes
 - Se necesitan normas más estrictas para la circulación de vehículos en la ZMVM aunque no den votos
- Faltan esfuerzos más significativos de mejora del transporte público y no nada más para que den más votos sino porque se requiere un monorriel eléctrico operado con celdas fotovoltaicas arriba del Anillo Periférico completo (aunque no lo esté para los vehículos particulares) que mueva millones de personas diariamente conectado con transportes en tierra del Metro y los metrobuses en zonas estratégicas pensando en la enorme población a servir.

Tabla 12. Escenarios de acuerdo con el número de vehículos que salen de circulación por día por el tipo de contingencia

Contaminantes	Escenario A		Escenario B		Escenario C		Escenario D	
	Números de vehículos que salen de circulación por día							
	484,809		423,995		445,665		231,542	
	Valor de reducción de las emisiones de los contaminantes							
	ton/año	% del total	ton/año	% del total	ton/año	% del total	ton/año	% del total
PM10	125	0.36%	88	0.25%	88	0.25%	48	0.14%
PM2.5	58	0.61%	41	0.43%	40	0.42%	22	0.23%
SO2	31	0.65%	25	0.51%	26	0.53%	14	0.28%
CO	99,031	6.17%	98,188	6.11%	115,940	7.22%	54,293	3.38%
NOx	13,180	5.51%	11,238	4.70%	11,184	4.68%	6,104	2.55%
COV	9,100	1.44%	17,462	2.76%	21,326	3.37%	9,693	1.53%





https://es.wikipedia.org/wiki/La_regi%C3%B3n_m%C3%A1s_transparente#:~:text=En%201917%2C%20Alfonso%20Reyes%20utiliz%C3%B3,conquistadores%20en%20el%20siglo%20XVI.

En 1917, Alfonso Reyes utilizó la frase "Viajero: has llegado a la región más transparente del aire" como epígrafe de su ensayo *Visión de Anáhuac*, describiendo al valle de México y el paisaje físico que encontraron en él los conquistadores en el siglo XVI. La usó más tarde (1951) en su escrito *Palinodia del polvo*: "¿Es ésta la región más transparente del aire? ¿Qué habéis hecho, entonces, de mi valle metafísico? ¿Por qué se empaña, por qué se amarillece?". En 1958, Carlos Fuentes tituló su primera novela como *La región más transparente*, cuyo protagonista principal es la misma. " ...describe fragmentos de la vida de una gran cantidad de personajes, cuyas historias llegan a entrelazarse, pero el protagonista real de la

novela es la propia ciudad. La mayor parte de las historias de los personajes ocurren en la década de 1950, época de la primera generación del México postrevolucionario, no obstante las narraciones del pasado de algunos personajes comienzan en 1900, de esta forma el cuadro cronológico de la novela abarca desde los años finales del porfiriato hasta el alemanismo (Pacheco, 2008). Pero es la ciudad la que realmente abriga o destruye a los personajes, a los aristócratas, a los nuevos ricos, a los toreros, a los filósofos, a los obreros, a las prostitutas, a los periodistas y a todos sus habitantes (Monsiváis, 2009). En la novela se hace recurrente la crítica al sistema político y social de México especialmente al fracaso de la Revolución Mexicana (Pacheco, 2008), contrario al discurso triunfalista oficial del gobierno, así como a las traiciones cometidas por quienes lucharon entre sus filas y medraron a sus expensas (Celorio, 2008). La técnica narrativa rompe con la linealidad del pasado, presente y futuro, las historias de los personajes se mueven y presentan de forma simultánea sin ningún orden (Iglesias, 2008). De acuerdo con el propio Carlos Fuentes, el objetivo de la novela es retratar el punto de intersección del profundo cambio social de la sociedad del México postrevolucionario con el destino individual de los personajes".

Declaración de privacidad

Los datos de este artículo, así como los detalles técnicos para la realización del experimento, se pueden compartir a solicitud directa con el autor de correspondencia.

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Conflicto de interés

El autor de este manuscrito declara no tener ningún tipo de conflicto de interés.

Agradecimientos

El autor reconoce el esfuerzo de los(as) editores(as) de esta revista por más de 10 años para buscar autores que deseen publicar sus conocimientos aunque no les den "puntos" por no estar esta revista indizada en las revistas diamante ni en las revistas del Conacyt sino solamente en el Directorio de Latindex, que es el que los(as) apoya.

Barnés, F.J. 2024. Información personal. México.

Base de datos de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, RAMA, <http://www.aire.cdmx.gob.mx/>

Centro Molina de Energía y Ambiente de la Ciudad de México. 2005. "Evaluación costo beneficio de la mejora en la calidad de los combustibles automotrices en el país"

"Celorio, Gonzalo. 2008. «Carlos Fuentes, epígono y precursor». En Carlos Fuentes, ed. La región más transparente (Real Academia Española, Asociación de Academias de la Lengua Española edición). Alfaguara. pp. XIII-XXVII. ISBN 978-84-204-2250-3. México."

Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2022. Tercera parte de una serie de tres capítulos que la autora escribió sobre su ciudad, la Ciudad de México. Está disponible en la página electrónica de los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental en el siguiente enlace: <https://ambiental.unam.mx/albunimagenes/2022%20DAAD/2022%20Libro-e-Book%20UNAM-DAAD%20KAS3.pdf> (Pp. 401-412) y Alfonso Reyes (1917) utilizó la frase "Viajero: has llegado a la región más transparente del aire" como epígrafe de su ensayo Visión de Anáhuac, describiendo al valle de México y el paisaje físico que encontraron en él los conquistadores en el siglo XVI [Ver nota abajo de los(as) editores(as)].

Harari, Y.N. 2020. De animales a dioses. Breve historia de la humanidad. Debate. Penguin Random House Grupo Editorial. México.

"Iglesias, Carmen. 2008. «Historia y novela: La región más transparente, de Carlos Fuentes». En Carlos Fuentes, ed. La región más transparente (Real Academia Española-Asociación de Academias de la Lengua Española edición). Alfaguara. Pp. 543-562. ISBN 978-84-204-2250-3. México."

"Monsiváis, Carlos. 2009. «Notas sobre la cultura mexicana del siglo XX». En Daniel Cosío Villegas, ed. Historia general de México. El Colegio de México. Pp. 957-1076. ISBN 968-12-0969-9. México. Consultado el 26 de mayo de 2012."

"Pacheco, José Emilio. 2008. «Carlos Fuentes en La región más transparente». En Carlos Fuentes, ed. La región más transparente (Real Academia Española-Asociación de Academias de la Lengua Española edición). Alfaguara. Pp. XXIX-XXXVIII. ISBN 978-84-204-2250-3. México."

Pemex. 2015. Comunicado de prensa, diciembre 8. México. <https://www.gob.mx/epn/prensa/anuncia-el-presidente-enrique-pena-nieto-inversiones-verdes-de-pe-mex-por-23-mil-millones-de-dolares>