



# RELACIÓN CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY



OBSERVATORIO CIUDADANO DE  
LA CALIDAD DEL AIRE DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE MONTERREY  
(OCCAAMM)

# INTRODUCCIÓN

## RESUMEN

*La calidad de las gasolinas que se comercializan en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) tiene un impacto directo en la calidad de aire. Los parámetros más laxos de volatilidad y contenido máximo de distintos compuestos establecidos en la NOM-016-CRE-2016 para esta zona metropolitana —objetivamente peores que los permitidos en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y la de Guadalajara (ZMG)— afectan sensiblemente la cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COVs), partículas suspendidas (PM) y formación de ozono resultando en un deterioro de la salud de los habitantes de la ZMM.*

*Utilizando herramientas para evaluar el cumplimiento regulatorio en Estados Unidos, este reporte cuantifica el efecto nocivo por el diferencial de calidad de combustibles para la ZMM. Concluye que la ZMM tiene una generación de contaminantes 78% más alta en COVs respecto a los generados en la Ciudad de México durante el verano y 154% más alta en invierno. Este diferencial implica que, si la ZMM tuviera la misma calidad de gasolina que la ZMVM, sus emisiones totales de COVs se reducirían entre 9.4 y 13.3% en verano e invierno, respectivamente. Este efecto también impacta la formación de PM, pues la literatura científica muestra que hay una amplia correlación entre la emisión primaria de COVs y la formación secundaria de PM, uno de los principales contaminantes en la ZMM.*

*Con base en los resultados de este estudio, OCCAAMM recomienda **homologar los parámetros de calidad de combustible de la ZMM a los de la ZMVM**. Como prioridad, se recomienda limitar la presión de vapor aplicable a la ZMM en verano (temporada crítica para la calidad del aire).*

*También recomienda evitar cualquier exención regulatoria sobre parámetros clave en la calidad de combustibles. De forma destacada por las recientes discusiones regulatorias, en la medida en que el uso de etanol como oxigenante en las gasolinas incrementa la presión de vapor Reid (PVR) (al grado que diversas partes interesadas han exigido otorgar ‘exenciones’ en la exigencia regulatoria para facilitar su uso), y en que no se cuenta con mecanismos regulatorios para evitar los efectos negativos sobre la presión de vapor que mezclar gasolinas con etanol y sin etanol tendría (commingling), se recomienda mantener la prohibición actual para su uso en las gasolinas de la ZMM. En la medida en que se insista en su incorporación, la regulación deberá exigir parámetros más estrictos de calidad total en la gasolina, para contrarrestar el efecto del commingling.*

## FUENTES DE CONTAMINACION

El aire es un elemento fundamental que hace posible la vida. En el aire convive una mezcla de gases tales como el nitrógeno (78%), el oxígeno (21%) y otros gases inertes (1%) que, en su estado puro y limpio, permiten un adecuado desarrollo de las funciones vitales. La contaminación atmosférica es cualquier sustancia que altera la composición original de la atmósfera y que, en altas concentraciones, produce daños al ser humano y al ecosistema. Se pueden presentar en fase sólida, líquida o gaseosa. Algunos ejemplos son:

- Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)
- Óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>)
- Hidrocarburos
- Otros compuestos orgánicos: pesticidas, herbicidas, varios alcoholes y ácidos, y otros químicos (tinturas)
- Otros compuestos inorgánicos: asbestos, ácido fluorhídrico (HF), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), amoníaco (NH<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)

Todos estos contaminantes tienen impactos diferentes en la salud, determinados a través de su concentración presente en la atmósfera, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de la persona expuesta.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en sus perspectivas hacia 2050, estimó que la contaminación del aire se convertirá en la principal causa ambiental de mortalidad prematura en el mundo.

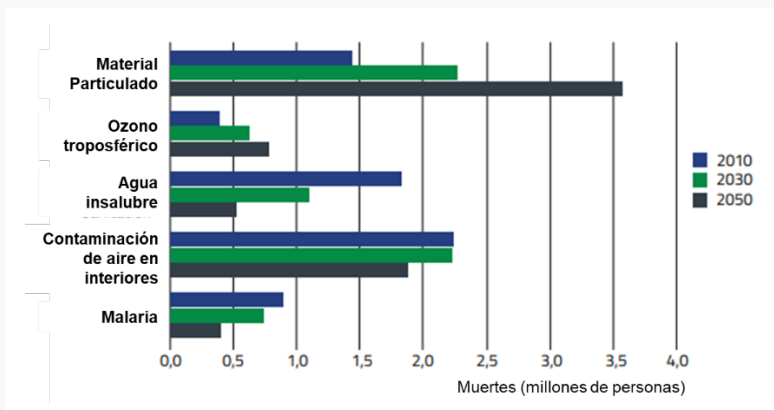


Figura 1. Muertes prematuras por contaminantes del aire. Fuente: OCDE

En México el monitoreo de la calidad del aire se hace a través de una red de puntos de medición conocidos como Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire (SMCAs) que, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) permite conocer, con niveles aceptables de confiabilidad, la calidad del aire con respecto a contaminantes específicos y formular, con base en los datos obtenidos, las estrategias de control y las medidas oportunas y adecuadas para una efectiva gestión ambiental. En 2016 se contabilizaron 241 estaciones SMCA que abarcan 100 ciudades para medir partículas suspendidas (PM<sub>10</sub> y/o PM<sub>2.5</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO).

A partir de la información generada por los sistemas de monitoreo como por los estudios de composición del aire, tanto el Gobierno federal como los estados han aprobado distintas normas para regular los límites máximos en el aire como partículas suspendidas (PMs), ozono, y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). A pesar de estos avances, aún no existe una normatividad a nivel nacional que regule los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) para reducir su presencia en el ambiente.

## **EL IMPACTO DEL SECTOR DE TRANSPORTE EN LA CALIDAD EL AIRE**

Las actividades económicas contribuyen en distintas medidas a la contaminación atmosférica. El sector de transporte tiene una aportación particularmente relevante en la emisión de distintos compuestos contaminantes (como el monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, partículas suspendidas, óxido de azufre, entre otros) los cuales están relacionados, en gran medida, con la calidad de los combustibles que se comercializan. Las estrategias regulatorias para limitar la emisión de contaminantes con base en su porcentaje de incidencia son indispensables.

Las grandes metrópolis del país, Valle de México, Guadalajara y Monterrey, enfrentan una aguda problemática de contaminación atmosférica particularmente relevante dado que en estas zonas habita el 40% de los habitantes del país y circula el 30% del parque vehicular del país.

Para el caso de Nuevo León, es claro que el sector transporte (a partir de la quema de combustibles en los vehículos) tiene un peso extraordinario en las consideraciones de emisiones contaminantes. En el inventario de emisiones por fuente emisora el Estado, definidas en el PROAIRE 2016-2025, las fuentes móviles carreteras se identifican como el principal emisor de monóxido de carbono (CO) y

óxidos de nitrógeno (NOx) mientras que son el segundo emisor de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Estos contaminantes provienen, principalmente, del uso de combustibles fósiles por los vehículos de uso particular y taxis.

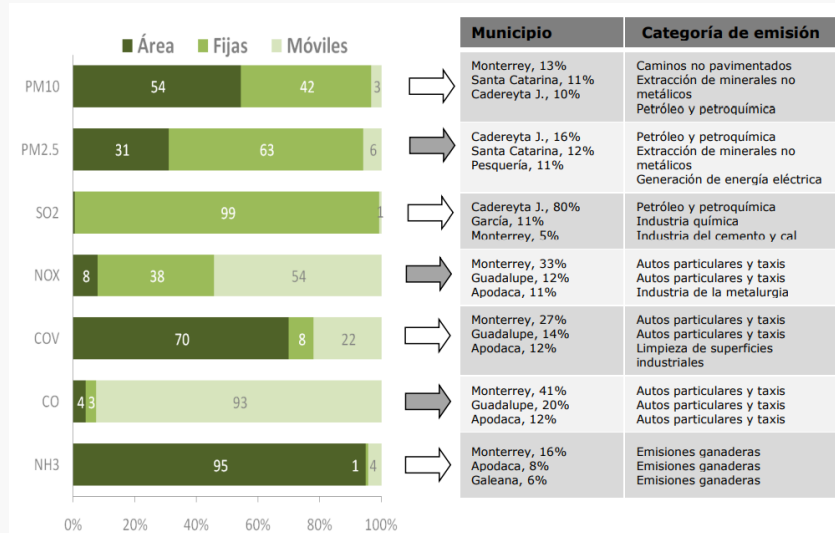


Figura 2. Fuentes de diversos contaminantes criterio en la Zona Metropolitana de Monterrey de acuerdo al PROAIRE 2016-2025. (AMM = Área Metropolitana de Monterrey)

Fuente	Nuevo León	AMM
<b>FIJAS</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de SO<sub>2</sub> (99%) y PM2.5 (63%)</li> <li>Segundo emisor de PM<sub>10</sub> (42%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de SO<sub>2</sub> (97%) y PM2.5 (67%)</li> <li>Segundo emisor de PM<sub>10</sub> (45%) y NOx (34%)</li> </ul>
<b>ÁREA</b> <small>Incendios forestales, Tratamiento de aguas, Quemados agrícolas, Uso de leña, Panaderías, Almacenamiento de combustibles, Laboratorios, Tintorerías, Uso de fertilizantes, Ladilleras, Emisiones ganaderas, Carriles de angosta, Uso de solventes, Quema de combustibles</small>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de NH<sub>3</sub> (95%), COV (70%) y PM10 (54%)</li> <li>Segundo emisor de PM2.5 (31%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de NH<sub>3</sub> (88%), COV (68%) y PM10 (50%)</li> <li>Segundo emisor de PM2.5 (23%)</li> </ul>
<b>MÓVILES</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de CO (93%) y NOx (54%)</li> <li>Segundo emisor de COV (22%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primer emisor de CO (96%) y NOx (68%)</li> <li>Segundo emisor de COV (23%)</li> </ul>

Figura 3. Porcentajes de contaminantes por fuentes móviles en la Zona Metropolitana de Monterrey de acuerdo al PROAIRE 2016-2025. (AMM = Área Metropolitana de Monterrey)

FUENTES	Emisiones (Mg/año)						
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	NH <sub>3</sub>
<b>FUENTES MÓVILES</b>	<b>772.2</b>	<b>728.4</b>	<b>341.5</b>	<b>285,305.8</b>	<b>35,097.1</b>	<b>27,033.8</b>	<b>1,092.9</b>
Motocicletas	23.4	21.6	6.4	9,816.4	397.0	1,666.7	35.2
Autos particulares y taxis	284.7	262.2	190.6	166,789.9	17,623.7	15,788.0	806.0
Pick up	98.2	91.5	44.8	72,211.5	7,018.3	6,112.7	149.0
Camionetas	41.3	38.5	18.9	30,397.6	2,954.4	2,573.1	62.7
Vehículos menores a 3 Ton	9.8	9.4	5.3	3,177.9	400.7	224.8	9.5
Autobuses	107.8	104.6	16.2	908.1	2,745.8	172.1	11.1
Vehículos mayores 3 Ton y Tractocamiones	206.8	200.6	59.3	2,004.5	3,957.3	496.4	19.5

Tabla 1. Emisiones por contaminante criterio de las fuentes móviles en la Zona Metropolitana de Monterrey de acuerdo al PROAIRE 2016-2025. (AMM = Área Metropolitana de Monterrey)

# REGULACIÓN DE AGENTES CONTAMINANTES

## REGULACIÓN DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES

Siguiendo una amplia experiencia internacional, desarrollada desde los 70s en Estados Unidos, en México la regulación reconoce expresamente los impactos de la calidad de los combustibles sobre la calidad de aire. Esta es una de las premisas principales de la Norma de Calidad de Combustibles (NOM-016-CRE-2016), emitida por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en 2016 la cual regula tanto su composición (contenido de aromáticos, olefinas, benceno, azufre, oxígeno) como sus propiedades (octanaje, presión de vapor, temperatura de destilación, entre otros).

Debido a las problemáticas de contaminación propias de las grandes metrópolis, además su concentración del 40% de la población nacional, la NOM-016-CRE-2016, exige gasolinas de mejor calidad para las tres principales zonas metropolitanas (Valle de México, Monterrey y Guadalajara) respecto al resto del país. Esto sugiere que la regulación mexicana busca proteger la salud pública en las zonas de mayor exposición a la contaminación atmosférica.

Desafortunadamente, los principios de cuidado ambiental y de cuidado de salud pública no rigen en todo a la NOM-016. Siguiendo criterios que típicamente se atribuyen a las preferencias de distribución de Petróleos Mexicanos, a la zona de Monterrey (ZMM) se le ha asignado una regulación más laxa que a las del Valle de México (ZMVM) y Guadalajara (ZMG). Mientras que en ZMVM y en ZMG se permite una gasolina clase AA (con parámetros de calidad más estrictos que obligan a la comercialización de un combustible con estándares más estrictos), en ZMM se permiten gasolinas clase B y C en temporadas de verano e invierno, como refleja la siguiente tabla de calidad de combustibles vigente.

MES	Norte	Sureste	Centro	Pacifico	ZMVM y ZMG	ZMM
Enero	C-3	C-3	C-3	C-3	AA-3	C-3
Febrero	C-3	C-3	C-3	C-3	AA-3	C-3
Marzo	B-2	B-2	B-2	B-2	AA-2	B-2
Abril	B-2	B-2	B-2	B-2	AA-2	B-2
Mayo	B-2	B-2	B-2	B-2	AA-2	B-2
Junio	B-2	A-1	A-1	A-1	AA-2	B-2
Julio	B-2	A-1	A-1	A-1	AA-3	B-2
Agosto	B-2	A-1	A-1	A-1	AA-3	B-2
Septiembre	B-2	B-2	B-2	B-2	AA-3	B-2
Octubre	B-2	B-2	B-2	B-2	AA-3	B-2
Noviembre	C-3	C-3	C-3	C-3	AA-3	C-3
Diciembre	C-3	C-3	C-3	C-3	AA-3	C-3

Tabla 2. Especificación de clase de volatilidad de las gasolinas de acuerdo a las zonas geográficas y a la época del año. Fuente: NOM-016-CRE-2016.

		Clase de volatilidad <sup>(1)</sup>			
Propiedad	Unidad	AA <sup>(3)</sup>	A	B	C
Presión de Vapor <sup>(2)</sup>	kPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	54 (7.8)	62 (9.0)	69 (10.0)	79 (11.5)
Temperatura máxima de destilación:					
Al 10% evaporado	°C <sup>(4)</sup>	70	70	65	60
Al 50% evaporado	°C	77 a 121	77 a 121	77 a 118	77 a 116
Al 90% evaporado	°C	190	190	190	185
Temperatura máxima de ebullición final	°C	225	225	225	225
Residuo de la destilación, valor máximo	% vol.	2	2	2	2

Tabla 3. Especificaciones de presión de vapor y temperaturas de destilación de las gasolinas según la clase de volatilidad (Fuente: NOM-016-CRE-2016).

Es importante destacar que la presión de vapor Reid (PVR) es el único parámetro diferenciado que distingue negativamente a la calidad del combustible de la ZMM. De acuerdo con la NOM-016, a partir del 1 de enero de 2020, no deberían existir diferencias entre ningún otro parámetro regulatorio de la calidad de las gasolinas entre la ZMM, la ZMG y la ZMVM.

## PRESIÓN DE VAPOR REID (PVR)

La PVR juega un papel fundamental en los niveles de volatilidad de los combustibles. La volatilidad de los combustibles es un parámetro ampliamente regulado en distintos países debido a que los vapores de las gasolinas contienen



compuestos orgánicos volátiles (COVs) y partículas suspendidas (PMs) que pueden afectar a la salud humana. Las propiedades que son comúnmente utilizadas para medir la volatilidad de las gasolinas son: la presión de vapor, el perfil de destilación y la relación vapor líquido.

La PVR es parte de un ensayo empírico que mide la presión en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup>) ejercida por los vapores o componentes livianos del crudo o de un producto del petróleo, en un recipiente cerrado a una temperatura de 100 °F (38 °C). En el caso de los combustibles automotrices, la PVR indica la tendencia a la evaporación de los componentes de las gasolinas, la cual es una propiedad relevante en la determinación de sus precios puesto que se relaciona con la evaporación adecuada de las gasolinas que permite su correcta carburación. Una alta presión de vapor nos indica que hay presencia de productos livianos en él, y que durante su procesamiento y combustión se quemarán si no hay un sistema de recuperación adecuado. Como se muestra en la siguiente gráfica, la presión de vapor es altamente sensible a la temperatura y presión atmosférica.

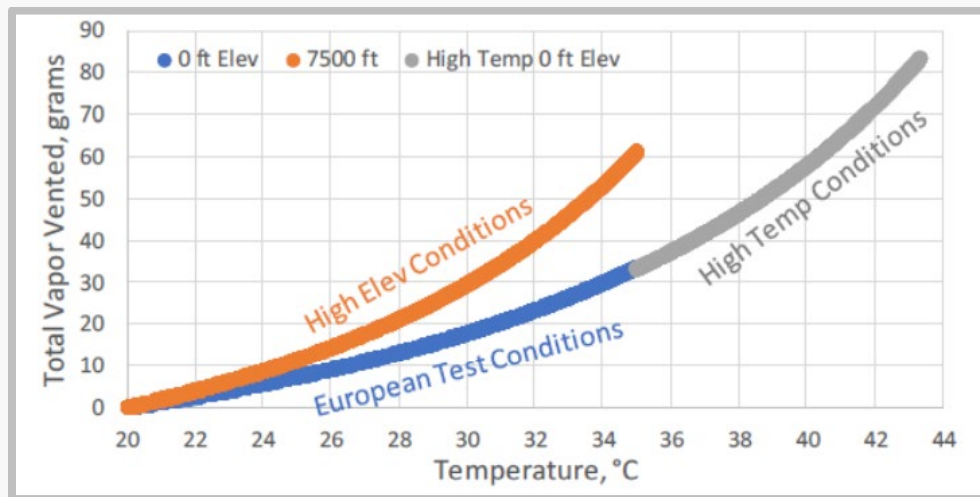


Figura 4. Generación de vapores de compuestos orgánicos volátiles asociados a la temperatura. Fuente: Ingevity. Tier 2 Enhanced evaporative and refueling controls for Mexico

## COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

La presencia de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) en la atmósfera de los grandes centros urbanos está asociada con el riesgo tóxico, mutagénico y cancerígeno. Por su incidencia en la salud humana algunos de los COVs se denominan tóxicos y sus efectos pueden ocurrir en el corto plazo (agudos) o en el largo plazo (crónicos). Aún en bajas concentraciones, representan un riesgo para la salud en términos de morbilidad. Existe un grupo de hidrocarburos (benceno, tolueno, etilbenceno y los xilenos, denominados en conjunto como BTEX), que son considerados como marcadores para la exposición humana a los COVs; y por lo tanto se recomienda el monitoreo continuo, para evaluar el riesgo al ambiente y a la salud humana. En particular, el benceno ha sido identificado como un cancerígeno por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer).

La presión de vapor tiene un efecto directo en la emisión de compuestos orgánicos volátiles, a mayor presión de vapor hay una mayor volatilidad de la gasolina, lo cual se refleja en un incremento en la tasa de emisión de estos compuestos. La siguiente gráfica muestra el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, compuestos tóxicos y óxidos de nitrógeno a distintas presiones de vapor de la gasolina, en donde se puede apreciar que son los COVs los que mayor incremento registran:

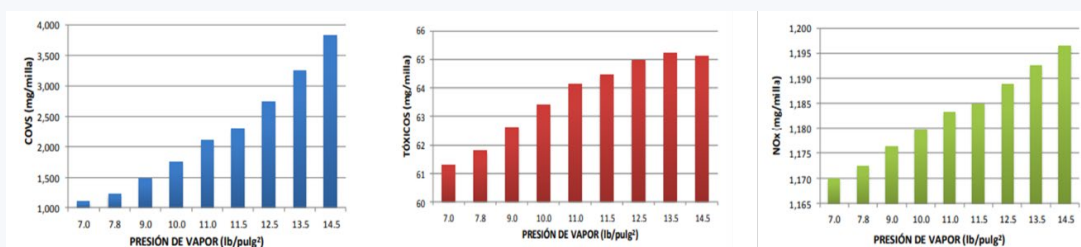


Figura 5. Emisiones vehiculares vs presión de vapor. Fuente: INECC.

La preocupación por la volatilidad de las gasolinas y la presencia de COVs así como de otros compuestos, ha llevado a los diferentes gobiernos a establecer programas para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera a través del establecimiento de límites máximos de emisión.

## IMPACTO DE LA PVR EN LA ZMM

Como puede observarse en las tablas 5 y 6 previas, en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) se permiten gasolinas con una presión de vapor más alta que en las zonas de Valle de México (ZMVM) y Guadalajara (ZMG). Durante el invierno, la NOM-016-CRE-2016 permite la comercialización de un combustible con 11.5 lb/pulg<sup>2</sup> de PVR, mientras que en verano se permite hasta 10 lb/pulg<sup>2</sup>. En las ZMVM y ZMG el límite en cualquier temporada del año es de 7.8 lb/pulg<sup>2</sup>.

Este diferencial se ha justificado señalando que la ZMM registra temperaturas más durante la temporada de invierno. En este caso, una mayor presión de vapor Reid podría ser deseable para favorecer parámetros operativos de los vehículos, como lo es el encendido en frío, que requiere de la ignición de la gasolina. Sin embargo, no se justifica durante el verano – donde la ZMM frecuentemente registra temperaturas más altas que la ZMVM y la ZMG.

# RESULTADOS DE LA ZMM vs ZMVM

Con base en el diferencial en la calidad de la gasolina permitida por la NOM-016-CRE-2016 en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) en comparación con la ZMVM y la ZMG, se realizó una comparación del impacto en la emisión de gases contaminantes en los combustibles clase B y C vs AA. Esto significa que se realizó una comparativa entre los combustibles que permiten una presión de vapor de 10 lb/pulg<sup>2</sup> y 11.5 lb/pulg<sup>2</sup> utilizada en verano e invierno respectivamente en la ZMM frente a la gasolina con una presión de vapor de 7.8 lb/pulg<sup>2</sup> utilizada en la ZMVM. El resto de los parámetros se mantuvo en el límite permitido por la NOM-016, aplicable a las tres ciudades a partir del 1 de enero de 2020.

Esta comparativa se realizó siguiendo la metodología del modelo Complex elaborado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos.

	ÉPOCA	PVR	NOX	%INCREMENTO DE NOX EN ZMM VS ZMVM	COVS	% INCREMENTO DE COVS EN ZMM RESPECTO A ZMVM
ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY	Verano	10 lb/pulg <sup>2</sup>	582.5 mg/mi	1.1%	1,600.7 mg/mi	77.6%
	Invierno	11.5 lb/pulg <sup>2</sup>	586.9 mg/mi	1.8%	2,287.3 mg/mi	153.8%
ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	Verano/ Invierno	7.8 lb/pulg <sup>2</sup>	576.2 mg/mi	-	901.2 mg/mi	-

Tabla 4. Resultados del aumento en la contaminación por COVs y NOx de acuerdo al modelo COMPLEX comparando la presión de vapor en verano e invierno de la ZMM y ZMVM. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, la disparidad entre la calidad de la gasolina permitida en la ZMM (Clase B y C) respecto a la ZMVM y la ZMG (Clase AA) tiene un impacto directo e inmediato sobre la cantidad de emisiones contaminantes.

En promedio, el volumen de COVs en la ZMM es 77.6% más alta respecto a la generada en la Ciudad de México durante el verano. En invierno, la proporción incrementa a 153.8% en el mismo criterio.

Utilizando los datos de ProAIRE para la ZMM y el volumen total de emisiones registradas a nivel local, sólo la homologación de la presión de vapor en la ZMM con la ZMVM en un nivel de 7.8 libras/pulg<sup>2</sup>, la emisión de COVs totales en la zona metropolitana se reduciría en 9.4 y 13.3 por ciento, respectivamente, en las temporadas de verano e invierno. En el caso de la generación de óxidos de nitrógeno, la ZMM incrementa entre 1% y 1.8% en respecto a la Ciudad de México.

- Tabla de parámetros y resultados utilizados en el modelo Complex para el verano

	PVR 7.8 (AA)	PVR 10.0 (B)	PVR 11.5 (C)
<b>PARÁMETROS</b>			
<b>MTBE</b> (WT% oxígeno)	2.002	2.002	2.002
<b>ETBE</b> (WT% oxígeno)	0	0	0
<b>Etanol</b> (WT% oxígeno)	0	0	0
<b>TAME</b> (WT% oxígeno)	0	0	0
<b>Azufre</b> (ppm)	30	30	30
<b>PVR</b> (LB/pulg <sup>2</sup> )	7.8	10.0	11.5
<b>E200</b> (%)	54	54	54
<b>E300</b> (%)	89	89	89
<b>Aromáticos</b> (vol%)	24	24	24
<b>Olefinas</b> (vol%)	9	9	9
<b>Benceno</b> (vol%)	1.80	1.80	1.80
<b>RESULTADOS (MG/MI)</b>			
<b>COVs exhaustivos</b>	361.9	392.4	414.6
<b>COVs no-exhaustivos</b>	539.2	1,208.4	1,872.7
<b>COVs totales</b>	901.2	1,600.7	2,287.3
<b>NOx</b>	576.2	582.5	586.9

Tabla 5. Resultados generación de agentes contaminantes de acuerdo al modelo COMPLEX bajo distintas presiones de vapor. Fuente: Elaboración propia

## FACTORES QUE INCREMENTAN LA PRESIÓN DE VAPOR

Además de la regulación explícita de la presión de vapor Reid (PVR) en la norma de calidad de combustibles, existen otros factores o componentes dentro de la

gasolina que pueden afectar la presión de vapor y aumentar la emisión de COVs. Este es el caso de las corrientes de butanos, pentanos y oxigenantes

- Butanos

El n-butano puede ser utilizado como gas combustible, ya sea solo o en una mezcla con propano para formar el gas licuado de petróleo. Este compuesto se mezcla con las gasolinas en las refinerías para aumentar el número de octano del combustible, sin embargo, tiene un impacto considerable en el aumento de PVR —y por ende, en la formación de COVs— si no se le regula su incorporación a las gasolinas.

- Pentanos

El isopentano es, al igual que los butanos, un derivado del petróleo que se utiliza como un elemento para incrementar el octanaje en los combustibles automotrices dado su bajo costo. No obstante, los pentanos igualmente elevan la presión de vapor de las gasolinas, incrementando su volatilidad si no se les regula.

Dentro de los oxigenantes más comunes están los éteres (MTBE, ETBE y TAME) y los alcoholes (Etanol).

- Alcoholes

El etanol es un compuesto oxigenante biodegradable proveniente de la caña de azúcar, granos y otras materias celulósicas que se encuentran en las plantas, para proporcionar alto octanaje y mejor combustión. El etanol contiene un nivel de octano más alto que la gasolina y que los éteres, por lo cual se le mezcla con las gasolinas para mejorar el nivel de octano. No obstante, el etanol tiene también una presión de vapor de mezcla más alto en comparación con otros oxigenantes, lo cual promueve la generación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), óxido de nitrógeno (NOx), partículas suspendidas (PMs) y otros compuestos precursores de ozono.

**PRESIÓN DE VAPOR DE MEZCLA  
PARA DIFERENTES OXIGENANTES  
(LB/PULG<sup>2</sup>)**

Oxigenante	Etanol	MTBE	ETBE	TAME
lb/pulg <sup>2</sup>	18	8	4	1.5

Figura 6. Fluctuación de presión de vapor de acuerdo al oxigenante utilizado. Fuente: Energy Information Administration 2000.

Su adición no controlada incrementa las emisiones de vapores de gasolina a la atmósfera y produce aldehídos, que son precursores en la formación de ozono (O<sub>3</sub>) y partículas suspendidas 10 (PM<sub>10</sub>) como productos de la combustión que a su vez deterioran la calidad del aire. Existen consideraciones adicionales del uso de etanol que afectan negativamente la calidad del aire. Pero estas exceden el objetivo de este reporte.

Debido a que el etanol requiere de una presión de vapor más alta, en Estados Unidos la EPA permite exceder la presión de vapor especificada en 1 lb/pulgada<sup>2</sup> cuando se utiliza 10% de etanol fuera de las zonas críticas de contaminación atmosférica. De acuerdo con el modelo Complex, la excepción en volatilidad para las gasolinas del resto del país, en zonas no sensibles a las emisiones de los automotores, podría generar 19% de aumento en las emisiones evaporativas de COVs. En México, el IMP ha confirmado este cálculo para las condiciones mexicanas.

También, la exención de 1 libra/pulgada<sup>2</sup> de presión de vapor para el etanol ha sido regulada en la NOM-016-CRE-2016, aprobando su aplicación en la reforma de 2017 y de nuevo eliminándola en la aplicación de la resolución de al SCJN.

## IMPACTO DEL COMMINGLING EN PVR

Un efecto adicional de tener regiones diferenciadas donde se permite la convivencia de combustibles con diferentes oxigenantes es la posible mezcla de ambas gasolinas. Este fenómeno se conoce como *commingling* y se presenta con frecuencia en los mercados con disponibilidad de ambos tipos de gasolinas, ya que los conductores no siempre cargan gasolina de un mismo tipo, ya sea por falta de disponibilidad de la gasolina de su preferencia, por el diferencial en precio entre ellas o, incluso, por premura que motiva abastecer combustible en la línea menos saturada (sin importar la gasolina que se ofrece en dicha línea).

Al mezclarse una gasolina con etanol con otra que no está oxigenada o cuyo oxigenante sea MTBE, la gasolina resultante tendrá una presión de vapor mayor. Distintos estudios estiman que una gasolina con mezcla de oxigenantes de MTBE y etanol eleva entre 0.1 y 0.3 lb/pulg<sup>2</sup> la presión de vapor de la gasolina empleada, lo cual como señalamos anteriormente, promueve la emisión de COVs y otros compuestos contaminantes.

El incremento en COV's que se producirá como consecuencia de permitir el aumento de la presión de vapor de las gasolinas con etanol al 10% en volumen y

por la mezcla entre gasolinas con etanol con gasolinas sin oxigenar y con MTBE, podría agravar los problemas de calidad del aire por ozono en las ciudades que actualmente ya padecen este problema y, posiblemente, comenzar a provocar mala calidad del aire por ozono en ciudades en donde actualmente no se registran excedencias a la norma.

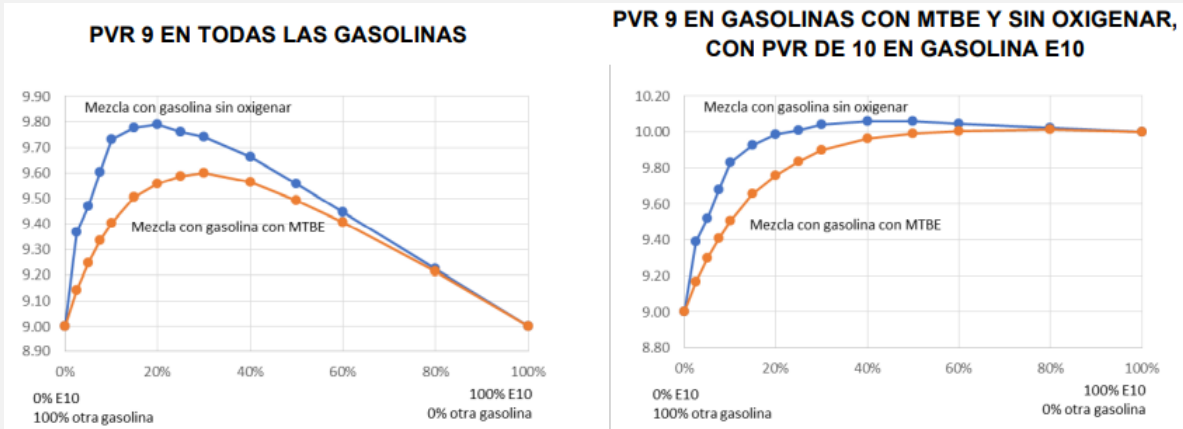


Figura 7. Ejemplo de incremento en la presión de vapor por mezclado de gasolinas (Fuente: INECC).



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Limitar RVP para mejorar la calidad del aire

En Nuevo León existe monitoreo de ozono en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) y la información histórica muestra violaciones a la norma en todos los años en que se ha monitoreado el contaminante. Los mayores problemas se presentan de febrero a noviembre, durante la temporada de temperaturas altas en la ZMM.

Con base en los resultados de este estudio, se recomienda homologar los parámetros de calidad de combustible entre las tres zonas metropolitanas. Como prioridad, se recomienda limitar la presión de vapor aplicable a la ZMM en verano (temporada crítica para la calidad del aire).

- Dado lo anterior, se recomienda establecer una gasolina con presión de vapor de 7.8 lb/pulgada<sup>2</sup> para los meses de marzo a octubre y el resto del año utilizar una gasolina con clase de volatilidad tipo “B” con 10.0 de lb/pulgada<sup>2</sup> (por las temperaturas en invierno, no se recomienda una gasolina de menor volatilidad en dicha temporada, ya que se podrían presentar problemas operativos en el arranque en frío de los motores).
- En la medida en que el uso de etanol como oxigenante en las gasolinas incrementa la presión de vapor Reid de las gasolinas (al grado que diversas partes interesadas han exigido otorgar ‘exenciones’ en la exigencia regulatoria para facilitar su uso), y en que no se cuenta con mecanismos regulatorios para evitar los efectos negativos sobre la presión de vapor que mezclar gasolinas con etanol y sin etanol tendría (commingling), se recomienda mantener la prohibición actual para su uso en las gasolinas de la ZMM

La contaminación por compuestos orgánicos volátiles proviene en gran medida de emisiones vehiculares y de la evaporación de la gasolina. Para controlar las emisiones de los COVs tóxicos deberá ponerse atención en controlar emisiones en gasolineras y emisiones vehiculares.

- Es recomendable que los vehículos que circulen en la ZMM, cuenten con convertidor catalítico y promover su reemplazo de los vehículos en los que ya terminó su vida útil.

- Se recomienda generalizar en las gasolineras de la ZMM el uso de sistemas de recuperación de vapores para disminuir las emisiones a la atmósfera de benceno por su potencial de riesgo carcinogénico y otros efectos nocivos a la salud.
- Es recomendable que en la ZMM se desarrollen las capacidades para el monitoreo de COVs como precursores de ozono (estaciones PAMS) a largo plazo. Así mismo, iniciar el monitoreo de BTEX con el equipo que dispone el Sistema de Monitoreo local, con apoyo del INECC.
- Se recomienda generar un sistema de monitoreo de traslado de emisiones que no sólo considere la ZMM sino también las zonas aledañas que no están consideradas dentro de la división geográfica de la ZMM determinada en la NOM-016-CRE-2016 para determinar la influencia del *commingling* dentro de la cuenca atmosférica completa.

# FUENTES Y LITERATURA

- [https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/chemicals-technical-literature/pemex-2015-technology-forum\\_lyondell-chemical-article-final.pdf](https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/chemicals-technical-literature/pemex-2015-technology-forum_lyondell-chemical-article-final.pdf)
- <https://www.aceia.org/wp-content/uploads/2020/07/Gasolinas-reformuladas-marzo-2017-IMP.pdf>
- EPA COMPLEX: <https://www.epa.gov/fuels-registration-reporting-and-compliance-help/complex-model-used-analyze-rfg-and-anti-dumping>
- EPA análisis: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/butane-techmemo.pdf>
- NOM-016-CRE-2016:  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5450011&fecha=29/08/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5450011&fecha=29/08/2016)
- INECC:
  - [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/370440/8\\_Informe\\_Final\\_de\\_COVs\\_Monterrey.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/370440/8_Informe_Final_de_COVs_Monterrey.pdf)
  - <https://www.gob.mx/inecc/es/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es>
  - [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632154/97\\_2017\\_Propuesta\\_modificacion\\_especificaciones\\_gasolina.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632154/97_2017_Propuesta_modificacion_especificaciones_gasolina.pdf)
- PROAIRE:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire\\_Nuevo\\_Leon.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire_Nuevo_Leon.pdf)
- CEMDA: [https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2017/10/CEM\\_Calidad\\_combustibles.pdf](https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2017/10/CEM_Calidad_combustibles.pdf)
- ETANOL:
  - [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-53832002000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832002000100007)
  - [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432012000300004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000300004)
  - [Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution | The National Academies Press \(nap.edu\)](#)
  - <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5815/04.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- SEMARNAT E INECC:
  - [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312845/Informe\\_Final\\_Calidad\\_Combustibles\\_2018.04.01.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312845/Informe_Final_Calidad_Combustibles_2018.04.01.pdf)
  - <http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2019.pdf>
- OXIGENANTES:  
[https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/chemicals-technical-literature/pemex-2015-technology-forum\\_lyondell-chemical-article-final.pdf](https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/chemicals-technical-literature/pemex-2015-technology-forum_lyondell-chemical-article-final.pdf)
- RVP – PM: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/06/10/2019-11653/modifications-to-fuel-regulations-to-provide-flexibility-for-e15-modifications-to-rfs-rin-market>
- Waiver: <https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2015/08/MWV.-Glenn-Passavant-11agosto15.pdf>