

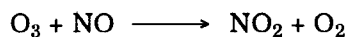
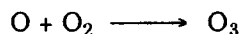
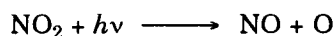
# COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

María Esther G. Ruiz Santoyo \*

Se dice que los automóviles contribuyen con —al menos— la mitad de las emisiones de hidrocarburos (HC) y de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y casi con el 90% del monóxido de carbono (CO) que llegan a la atmósfera en las zonas urbanas (Seinfeld, 1991). De este modo, si se quiere mejorar la calidad del aire en estas zonas, una opción es la reducción de las emisiones automotivas. Las emisiones de los vehículos provienen de tres lugares diferentes: del tubo de escape, de la entrada del tanque de combustible y del carburador, y se producen debido a procesos de evaporación o combustión (Wigg, 1972).

Una opción adicional es mejorar la calidad de las emisiones a través del uso de combustibles más limpios; en particular, se desean aliviar los problemas de contaminación en aquellas regiones en las que se rebasa con frecuencia las normas de calidad del aire establecidas, ya sea con respecto al CO o al ozono. Las emisiones que se intentan reducir son tanto las de CO como las de HC y NO<sub>x</sub>, ya que estos últimos son precursores del ozono.

El ozono se crea y destruye naturalmente en la atmósfera mediante un ciclo con los óxidos de nitrógeno



Por su parte, los HC en las atmósferas urbanas se oxidan para producir peroxi-radicales del tipo ROO, mismos que secuestran al NO mediante la reacción



El efecto neto es que el O<sub>3</sub> no reacciona con el NO y por lo tanto se acumula, además de que se promueve la formación de NO<sub>2</sub> adicional, que a su vez formará más ozono.

La formulación de combustibles más limpios se encamina también a disminuir las emisiones relacionadas con el calentamiento global de la Tierra, es decir, de los gases que contribuyen al efecto invernadero: CO<sub>2</sub> y metano (CH<sub>4</sub>).

Se llaman combustibles más limpios o combustibles alternativos a las gasolinas oxigenadas o reformuladas, los alcoholes y sus mezclas, el gas natural comprimido y el gas LP.

También se consideran entre ellos a los combustibles o energéticos super-limpios, como son el hidrógeno y la energía eléctrica, cuyo uso requiere no sólo de mejoras a la tecnología existente, sino innovaciones completas en el diseño de los motores.

En los Estados Unidos (EUA) existe un programa conocido como Auto/Oil en el que, juntos, las compañías petroleras y las fabricantes de automóviles intentan mejorar la calidad de sus productos para obtener vehículos que produzcan menos emisiones y de mejor calidad.

Dependiendo de la cantidad de emisiones, los vehículos se clasifican como vehículos convencionales (CV), vehículos transicionales de bajas emisiones (TLEV), vehículos de bajas emisiones (LEV), vehículos de emisiones ultra-bajas (ULEV) y vehículos de cero emisiones (ZEV), todos por sus siglas en inglés. A partir de 1994 los fabricantes de automóviles en EUA se verán forzados a cumplir con normas más estrictas respecto a las emisiones, en particular las de los hidrocarburos (Chang, 1991).

Actualmente sólo se cuenta con prototipos, tanto de vehículos como de combustibles y por lo tanto, no se puede asegurar cuáles serán las emisiones de una flotilla verdadera. Sin embargo, es posible hacer predicciones sobre la reducción de las emisiones o el mejoramiento de su

Contribuciones en relación con el currículo en química ambiental o ensayos sobre cultura ambiental en relación con la química.

\* Instituto Mexicano del Petróleo, Energéticos Alternos y Química Ambiental, Subdirección General de Investigación Aplicada, A.P. 14-805, 07730, México D.F.

**Recibido:** 4 de febrero de 1992;  
**Aceptado:** 5 de abril de 1992.

calidad a partir de suposiciones adecuadas o del conocimiento de la química atmosférica; esto último significa la evaluación del impacto en la atmósfera de las emisiones vehiculares dada su reactividad.

En México, PEMEX tiene un programa para producir combustibles más limpios y de calidad internacional antes de 1995. La normatividad mexicana con respecto a las emisiones es también un programa más estricto para cada año consecutivo: para 1994 se requerirá que éstas sean mínimas.

El ozono representa el problema más grave y difícil de controlar en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y en general en las áreas urbanas congestionadas. El control de las emisiones de HC o  $\text{NO}_x$  juega un papel principal para combatir este problema. La incidencia de ozono en un área en particular depende, en general, de la relación HC/ $\text{NO}_x$  en la región bajo consideración. Si la relación HC/ $\text{NO}_x$  en la atmósfera es pequeña —menor de 5 (Tsai, 1991),— una mayor emisión de HC dará lugar a un incremento en la concentración máxima de ozono; en este caso la estrategia para disminuir el ozono es disminuir las emisiones de HC; por otra parte, si la relación HC/ $\text{NO}_x$  es grande —mucho mayor que 5— habrá una saturación de HC en la atmósfera y cualquier emisión anormal de  $\text{NO}_x$  producirá un episodio de ozono; en este caso se recomienda controlar ambos, HC y  $\text{NO}_x$ , aunque estudios recientes indican que los efectos de la reducción de  $\text{NO}_x$  pueden ser contrarios, ya que no sólo dependen de la relación local HC/ $\text{NO}_x$ , sino de una gama más amplia de factores (Seinfeld, 1991), por lo que se recomienda ser cauteloso al aplicar reducciones de emisiones de  $\text{NO}_x$ .

La reactividad de los HC esta determinada por:

- a) su velocidad de reacción con radicales OH;
- b) los productos de oxidación a los que dan lugar;
- c) la temperatura ambiente;
- d) la irradiación solar que determina la fotólisis de las especies atmosféricas, y
- e) la concentración de  $\text{NO}_x$ .

El potencial de formación de ozono de las especies individuales o de mezclas de hidrocarburos se calcula utilizando modelos fotoquímicos.

Se ha encontrado que, *grosso modo*, el me-

---

**L**a magnitud de los beneficios que se pueden obtener por la utilización de combustibles alternativos son todavía inciertos.

---

tanol, etanol, MTBE (metil-terbutil-éter), alcanos y tolueno en la atmósfera producen solamente una quinta parte del ozono proveniente de las reacciones atmosféricas de las olefinas, aldehídos, etileno y aromáticos di- y tri-sustituidos. Por su parte, el formaldehído, producto de la combustión, es muy activo y da lugar a diez veces más ozono que los compuestos menos reactivos (Russell, 1991). El  $\text{CH}_4$  es un compuesto muy poco reactivo y como se emite en pequeñas cantidades, en general no se toma en cuenta al describir la química atmosférica.

Al elaborar las gasolinas reformuladas, un objetivo que se tiene siempre presente es disminuir su volatilidad, que tiene como efecto inmediato disminuir las emisiones evaporativas. A través de la reformulación se espera también disminuir la reactividad y cantidad de las emisiones de escape. La reformulación de gasolinas o la adición de compuestos que mejoren la combustión requiere de pequeñas, si acaso algunas, modificaciones a los procesos y en consecuencia esta opción es atractiva desde el punto de vista tecnológico y económico. A grandes rasgos, los procesos de obtención de los componentes de las gasolinas reformuladas no varían considerablemente de los procesos actuales; por consiguiente, no se espera un beneficio considerable en lo que se refiere a las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

El metanol ( $\text{MeOH}$ ) se puede utilizar como combustible puro (M100) o en mezclas con gasolinas, en proporciones del 5 al 15 % (M85). Las emisiones de HC se reducen significativamente en el caso del M100 y un poco menos en el caso de las mezclas. El M100 no es muy popular como combustible debido a la dificultad de iniciar la ignición; además, por tener una flama invisible presenta problemas potenciales de seguridad. Ambas desventajas se disminuyen al mezclar el metanol con gasolina.

Las emisiones más abundantes de vehículos adaptados para utilizar estos combustibles consisten en metanol sin quemar que, como se dijo, es poco reactivo. Como producto de la combustión se pueden presentar emisiones de formaldehído, que es muy reactivo en la atmósfera. Por lo tanto, si no se controlan las emisiones de formaldehído, la ventaja del uso de estos combustibles será sólo relativa. Las emisiones de  $\text{CO}_2$  varían de acuerdo con el proceso mediante el cual se obtiene el metanol: si el metanol se obtiene a partir del gas natural, las emisiones

disminuyen, pero si se obtiene a partir de carbón mineral, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan.

El etanol puro (E100) y las mezclas de éste presentan ventajas y desventajas similares al caso del metanol, sólo que el etanol es más reactivo. Las emisiones más reactivas debido a la combustión del etanol y sus mezclas corresponden al acetaldehído, y, desde luego, se busca minimizar estas emisiones. La obtención de etanol a partir de la fermentación de granos o bagazos supone una disminución en el balance de CO<sub>2</sub>, no así si se obtiene por otros procesos.

Dado que las emisiones primarias del gas natural —metano y etano— son muy poco reactivas, las emisiones evaporativas tendrán muy poco efecto en la formación de ozono; la mayor preocupación es respecto a las condiciones de seguridad en el empleo de este combustible. Los vehículos que usan gas LP producen más emisiones que los de gas natural y, a pesar de que emiten cierta cantidad de olefinas, se considera que las emisiones de los vehículos que utilizan gas natural —o LP— son menos reactivas que las que provienen de la combustión de gasolinas.

A pesar de que la combustión de gas presenta ventajas en lo que se refiere a HC y CO, se debe tener mucho cuidado en mantener la relación aire/combustible adecuada, ya que, de lo contrario, pueden producir más óxidos de nitrógeno que los vehículos que utilizan gasolina o gasolina reformulada, con el consecuente impacto en la formación de ozono.

Los vehículos que consumen hidrógeno no tienen emisiones directas de hidrocarburos o CO, pero pueden producir grandes cantidades de NO<sub>x</sub>. Por su parte, los vehículos eléctricos virtualmente no producen emisiones, pero la cantidad de NO<sub>x</sub> que se genera al producir la electricidad podría ser considerable, hecho que depende, desde luego, del energético que se use para producir la electricidad. Los procesos necesarios para producir hidrógeno y electricidad no presentan ninguna ventaja con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En conclusión, la magnitud de los beneficios que se pueden obtener por la utilización de combustibles alternativos son todavía inciertos, especialmente si se trata de reducir los niveles de ozono en la atmósfera, debido a la dependencia indirecta con los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno. Se requiere, por lo tanto, de

---

**No existe "la solución". Se requiere más investigación para determinar las condiciones bajo las cuales los beneficios serán máximos.**

---

mayores esfuerzos de investigación científica para determinar las condiciones bajo las cuales los beneficios esperados sean máximos.

Es muy importante tener presente que *no existe "la solución"* a los problemas de contaminación ambiental, ya que éstos provienen de la concentración de emisiones debidas a las actividades de producción de energía, industriales, de transporte y otras relacionadas con la vida diaria en los grandes centros urbanos. Se puede mejorar, en parte, la calidad del aire con el control de las emi-

siones, tanto de las fuentes móviles como de las fuentes estacionarias. Sin embargo, conviene subrayar que el control por sí sólo no garantiza la buena calidad de las emisiones. Desde el punto de vista económico, así como de disponibilidad de tecnologías en el corto plazo, las gasolinas reformuladas surgen como la mejor opción para mejorar la calidad de las emisiones y quizás aliviar algunos problemas de contaminación. A

#### BIBLIOGRAFÍA

- Chang, T.Y., Hammerle, R.H., Japar, S.M., and Salmeen, I.T., *Alternative Transportation Fuels and Air Quality, Environ. Sc. & Tech.*, 25[7] 1190-1997, 1991.
- Ruiz, M.E. y Sosa, G., "Impacto en la formación de ozono debido a algunas variaciones en la composición de las gasolinas", *Informe técnico IADT-90-009*, Subdirección General de Investigación Aplicada, Instituto Mexicano del Petróleo, México, 1990.
- Russell, A.G., McNair, L.A., Odman, M.T. and Kumar, N., *Organic Compound Reactivities and The Use of Alternative Fuels. CARB Report Agreement A832-112*, Mayo 1991.
- Seinfeld, J.H. (Chairman), *Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution*, National Research Council, National Academy Press, 1991.
- Tsai, W., Cohen, Y., Sakugawa, H. and Kaplan I.R., *Hydrogen Peroxide Levels in Los Angeles: A Screening-Level Evaluation, Atmos. Environ.* 25B, 67 (1991).
- Wigg, E.E., Campio, R.J. and Petersen, W.L., *The Effect of Fuel Hydrocarbon Composition on Exhaust Hydrocarbon and Oxygenate Emissions, SEA Society American Engineers Tech. Rep. 720251* (1972).