

Importancia de la contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la ciudad de México

H. BRAVO, F. PERRIN, R. SOSA, R. TORRES*

El 30 de enero de 1987, los monitores de contaminantes atmosféricos del Centro de Ciencias de la Atmósfera, al Sur de la Ciudad de México, registraban uno de los niveles de contaminación por ozono más altos de la historia, en esta área urbana.

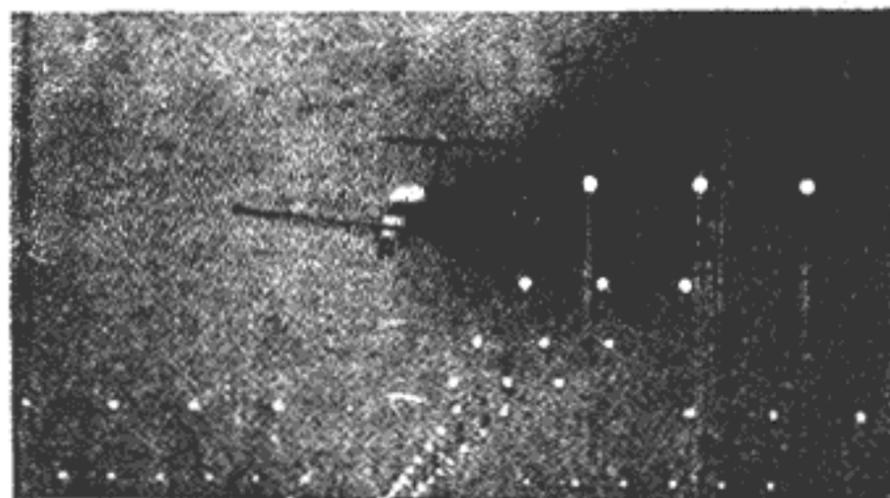
La concentración máxima registrada fue de 0.37 ppm a las 12:40 hrs. aproximadamente. Quizá este valor por sí mismo no implicaría un hecho relevante, sólo que ese día los valores registrados en el promedio por hora de ozono estuvieron durante más de siete horas por arriba de la norma de calidad del aire en cuanto a su concentración de 0.11 ppm para ozono, promedio máximo en una hora; (en los Estados Unidos se recomienda que dicha norma no sea rebasada más de una vez al año). El día que hacemos referencia el promedio entre las 10:30 y las 17:30 horas fue de 0.187 ppm (fig. 1).

Este evento fue tal vez el primero de la "nueva" situación de la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). "Nueva", porque a partir del cambio de gasolina en la ZMCM realizada por PEMEX, entre agosto y septiembre de 1986, la atmósfera de la Ciudad sufre de la presencia de otros compuestos químicos que favorecen la formación de contaminantes atmosféricos por óxidos fotoquímicos.

Diversos estudios sobre la contaminación atmosférica de la Ciudad de México, se han realizado en forma continua desde 1980, por la Sección de Contaminación Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México. El laboratorio de monitoreo ha sido instalado y opera a partir de entonces de acuerdo a las recomendaciones que establece la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), lo cual asegura que las mediciones que se efectúan sean consideradas válidas. (Tabla I).

Esto ha permitido que se estudien en forma rigurosa las tendencias de niveles de calidad de aire, acciones que han

Tomado de: La contaminación, Salvat



sido apoyadas por Instituciones como CONACYT y el Servicio Meteorológico Nacional.

Uno de los compuestos gaseosos que es considerado como contaminante atmosférico: el ozono (O_3), ha sido objeto de un seguimiento, en cuanto a su detección e incremento a lo largo de estos años, dada la importancia que representa este contaminante en el medio ambiente de la Cuenca de México, porque la vegetación es la especie viviente más sensible al ozono.

* Sección de Contaminación Ambiental, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

TABLA I

Técnicas analíticas de monitoreo de O_3 , NO_x y HC y medición de $h\nu$.

Parámetro	Equipo	Técnica analítica	Técnica calibración	Respuesta
Ozono (O_3)	Analizador Beckman Mod.950	Quimiluminiscencia	Interna, método de KI.	\pm seg
Oxidos de nitrógeno (NO , NO_2 , NO_x)	Analizador Beckman Mod.952	Quimiluminiscencia	Gases estandar de calibración	\pm 3 seg
Hidrocarburos totales (HC)	Analizador Beckman Mod.400	Ionización de flama.	Gases estandar de calibración	\pm 0.5 seg
Radiación ultravioleta ($h\nu$)	Radiómetro Eppley	Sensor	Electrónica	\pm 0.5 seg

Existe una confusión respecto al ozono y su presencia en la tierra. Numerosas citas señalan que el ozono (O_3) es de vital importancia para la vida en el planeta. Esto es verdad, mas sin embargo, este (O_3), protector de la vida, se forma naturalmente en la estratosfera (10-15 km sobre la superficie) mediante la absorción de radiación ultravioleta por moléculas de O_2 , formando lo que se conoce como "capa de ozono". Dicha capa protege a la tierra en gran medida de los efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta (entre los 280 y 320 nm del espectro de ultravioleta) proveniente del sol.

No obstante, este O_3 no es la fuente del ozono atmosférico contaminante. La presencia del O_3 antropogénico en las atmósferas contaminadas es la consecuencia indirecta de la interacción de los gases emitidos por los escapes vehiculares con la energía solar. El mecanismo de formación de O_3 ha sido estudiado exhaustivamente en ciudades como Los Angeles, dado que esa región padeció del problema desde los años 50. Como resultado de tales estudios se sabe que la formación de O_3 consiste de un ciclo complejo de reacciones (actualmente se conocen más de 60 reacciones) en las cuales los hidrocarburos reactivos (NMHC) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), ambos emitidos por combustión de gasolinas, son los directores regentes más importantes en dicho ciclo. Se conoce como el "ciclo fotoquímico de los oxidantes" (figura 2).

Es tan considerable la participación de los NMHC en éste, que un cambio en la formulación de la gasolina, con el objeto de recuperar el octanaje perdido al eliminar el tetraetilo de plomo de la misma, puede ocasionar que los niveles de Ozono en la atmósfera de una área urbana se eleven. La situación anterior ha sido el caso de la ZMCM.

Desafortunadamente, la decisión de cambiar la gasolina, sin estudio técnico científico apropiado respecto a los requerimientos necesarios para su implementación, y de las posibles consecuencias ambientales esperadas, ha dado como resultado que en la atmósfera de la Ciudad de México se rebase la Norma de Calidad de Aire para O_3 durante la mayor parte del tiempo (figura 3).

Uno de los efectos más drásticos del O_3 en el medio ambiente de la Cuenca de México ha sido detectado en la vegetación del Sur de la Ciudad de México desde 1978. Diversas especies sensibles al ozono continuamente están siendo atacadas por este contaminante, el cual paulatinamente se ha ido incrementando en sus niveles diarios.

La razón de que los niveles máximos de O_3 se presenten al Sur de la Cuenca, parece obedecer al transporte diurno de los vientos en la ZMCM. La mayor emisión de precursores se

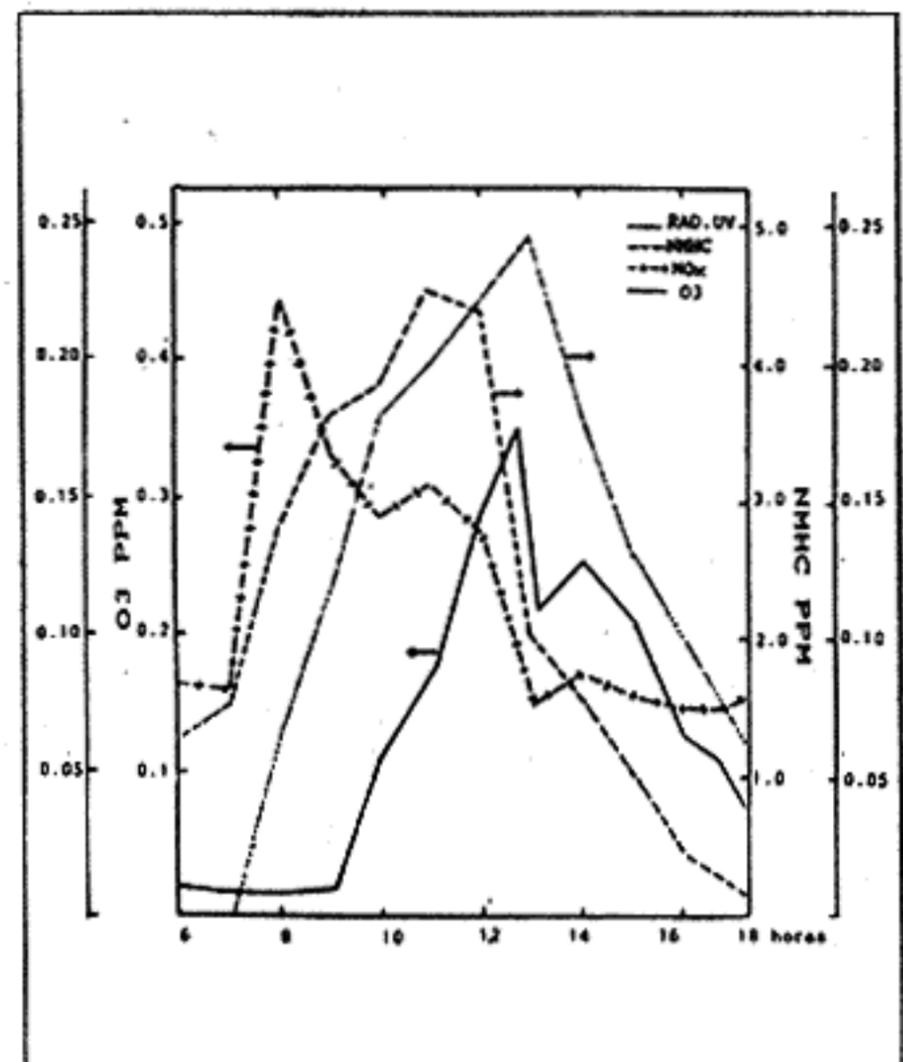


Fig. 1 Concentración horaria de O_3 , NO_x , NMHC y radiación ultravioleta ($h\nu$) registrados en la estación de monitoreo del Centro de Ciencias de la Atmósfera (30/1/87).

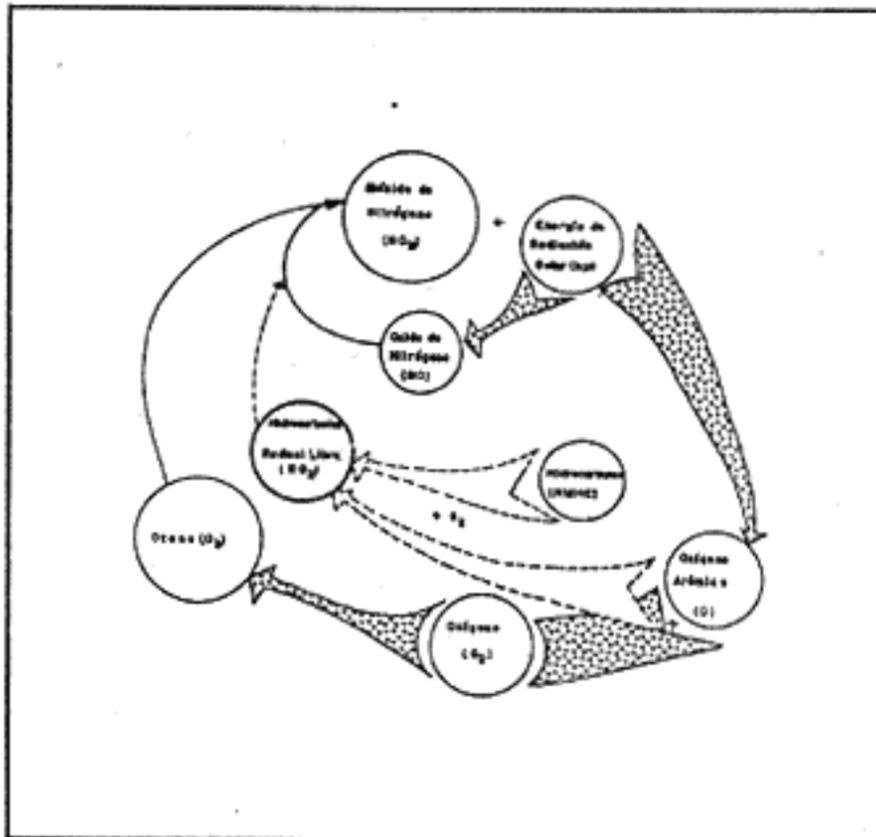


Fig. 2 Interacción de los hidrocarburos con el ciclo fotoquímico del bióxido de nitrógeno. (Tomado del Air Quality Criteria For Photochemical Oxidants, N.A.P.C.A. 1970).

realiza en la parte Norte y Central del área urbana durante las primeras horas de la mañana. Estas masas de aire contaminado son arrastradas lentamente hacia el sur por el patrón predominante de vientos en la Cuenca, y a través de este trayecto se efectúan las reacciones del complejo ciclo fotoquímico (figura 4). Agregando que el factor de la recepción de energía solar es mayor al medio día y justo en estas horas es cuando su máxima concentración de ozono se encuentra ya presente en el Sur. (figura 5).

Existen fuertes evidencias de que el ozono es arrastrado y

acumulado en las partes altas de las montañas del Ajusco y del Desierto de los Leones, permitiendo que la acción de daño sobre las especies vegetales sensibles sea magnificada.

Los estudios realizados en esos bosques por el Centro de Fitopatología del Colegio de Postgraduados de Chapingo, señalan que árboles de pino de las especies *Pinus hartwegii* y *P. montezumae* presentan una sintomatología de daño por ozono, que consiste en una defoliación prematura y un moteado o bandeado clorótico en las hojas o pínulas de estas especies. La clorosis es reconocida como un pequeño bandeado amarillo en forma anular sobre la pínula. La anchura de ese bandeado parece estar relacionado con la duración de la persistencia de altos niveles de ózono en las zonas boscosas (figura 6).

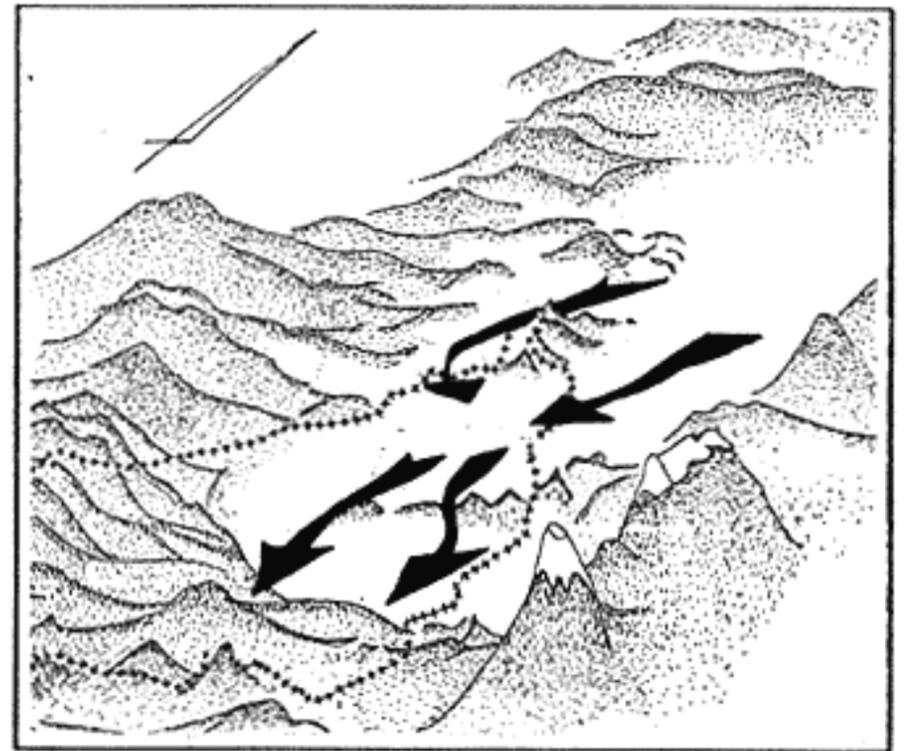


Fig. 4 Cuenca de México y el patrón de vientos diurnos predominantes (8:00-14:00 hrs.)

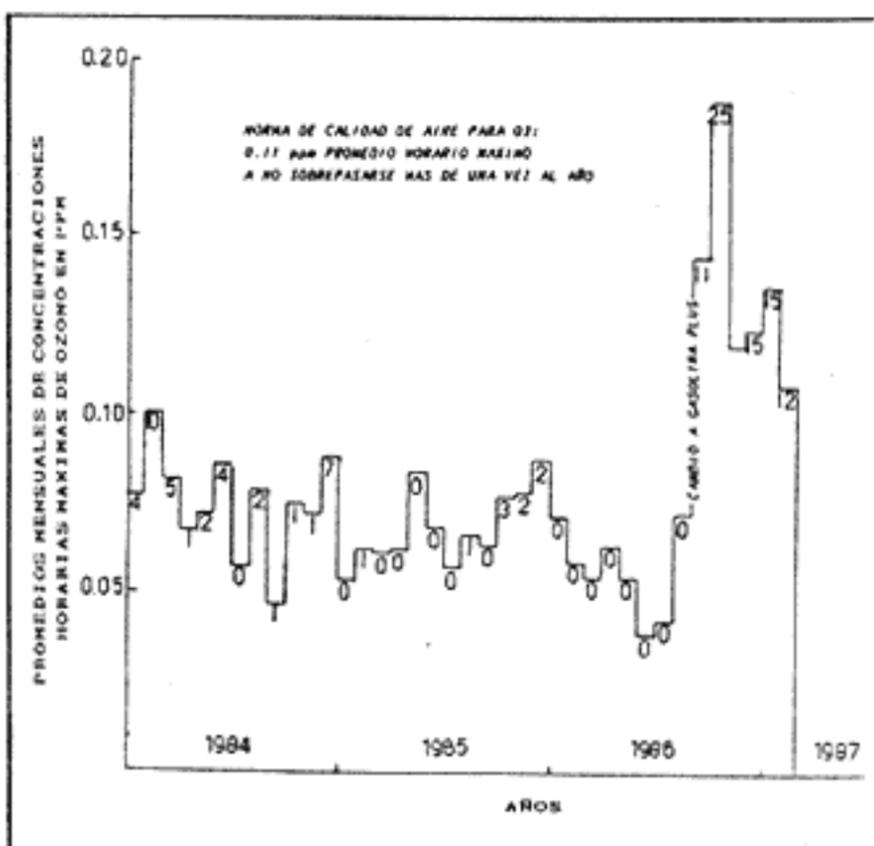


Fig. 3 Promedio mensual de concentración horaria máxima de O₃ registrados en Ciudad Universitaria (1984-1987). Los números en la parte superior de las barras indican el número de violaciones a la norma de calidad para O₃ por mes.

Existen árboles en el Ajusco que ya presentan daños crónicos manifestados por poco crecimiento (reducción del crecimiento y del diámetro en el adulto), pérdida de las hojas de temporada con la presencia de ozono, disminución en el tamaño y número de pínulas (aspecto general amarillento), deterioro del sistema fibroso de la raíz y un declinamiento gradual que los está llevando a la muerte.

En el caso del Desierto de los Leones, el resultado del efecto del ozono en las especies de *Abies religiosa*, es el de un debilitamiento a tal grado, que se han vuelto más susceptibles a factores ambientales adversos como sequías y parásitos secundarios (hongos de raíz o descortezadores), por lo que esta zona boscosa presenta una gran mortandad de esta especie.

A manera de conclusiones se puede señalar que los daños potenciales causados por oxidantes como ozono, están identificados. Hasta antes de septiembre de 1986 se conocían efectos drásticos en especies vegetales del Sur de la Cuenca de México, sin embargo, el cambio de gasolina ha venido a deteriorar aún más la precaria calidad del aire de la Ciudad de México y ha incrementado los efectos nocivos de la capa contaminante que sobreyace en el área metropolitana.

