

1.1. CARACTERISTICAS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Humberto Bravo A.,
Rodolfo Sosa E.

1. INTRODUCCION

De manera genérica se puede definir como contaminante, toda materia o sustancia, sus combinaciones o sus derivados químicos y biológicos, tales como humos; polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualesquiera otros agentes que al incorporarse o adicionarse al ambiente, puedan alterar o modificar sus características naturales; también se considera como un contaminante a toda forma de energía, como calor, radiactividad y ruido, que alteren el estado natural del ambiente.

Ahora bien, desde el punto de vista del bienestar humano, se entiende por contaminación, la presencia en el ambiente de sustancias o factores físicos, químicos o biológicos que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, del suelo, de los bienes, de los recursos de la nación en general, o de los particulares. (1)

La composición generalmente aceptada del "aire limpio", se presenta en el Cuadro 1 (2) y ejemplos de los contaminantes atmosféricos se presentan en el Cuadro 2 (3).

CUADRO 1
COMPOSICION GASEOSA DEL AIRE LIMPIO (BASE SECA)

Gas	ppm (vol)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitrógeno	780 900,0	$8,95 \times 10^8$
Oxígeno	209 400,0	$2,74 \times 10^8$
Agua	- - - -	- - - -
Argón	9 300,0	$1,52 \times 10^7$
Bióxido de carbono	315,0	$5,67 \times 10^8$
Neón	18,0	$1,49 \times 10^4$
Helio	5,2	$8,50 \times 10^2$
Metano	1,0-1,2	$6,56-7,87 \times 10^2$
Criptón	1,0	$3,43 \times 10^3$
Oxido de nitrógeno	0,5	$9,00 \times 10^2$
Hidrógeno	0,5	$4,13 \times 10^1$
Xenón	0,08	$4,29 \times 10^2$
Vapores orgánicos	0,02	- - - -

FUENTE: Stern, A. C., et al. *Fundamentals of Air Pollution*, 1984.

CUADRO 2
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS (listado no exclusivo)

COMUNES EN AMBIENTES URBANOS:	
Bióxido de azufre	Nitratos
Partículas suspendidas totales	Sulfatos
Monóxido de carbono (CO)	Plomo
Hidrocarburos (HC)	Compuestos orgánicos polinucleares
Oxidos de nitrógeno (NO _x)	Fluoruros
Ozono (O ₃)	Olores
ESPECIALMENTE PELIGROSOS:	
Plomo	Cadmio
Mercurio	Asbestos
ESPECIFICOS EN DETERMINADAS FUENTES:	
Arsénico	Zinc
Cloro	Bario
Acido clorhídrico	Boro
Cobre	Cromo
Manganeso	Selenio
Níquel	Plaguicidas
Vanadio	Sustancias radiactivas
OTROS	
Polen	Aerosoles biológicos
Aldehídos	Etileno
Amoniaco	Acido sulfhídrico
Fósforo	Hierro
Berilio	

FUENTE: Rau, J. G. y Wooten, D. C. *Environmental Impact Analysis Handbook*, 1980.

2. TIPOS DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

De acuerdo a su origen, los contaminantes atmosféricos están clasificados como primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son aquéllos emitidos a la atmósfera como resultado de un proceso natural o antropogénico. Estos contaminantes están presentes en la atmósfera en su mayor parte en la misma forma como fueron emitidos, por ejemplo CO y SO₂. Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera como el producto de alguna reacción, por ejemplo O₃ y sulfatos. La reacción podría ser

darios se forman en la atmósfera como el producto de alguna reacción, por ejemplo O_3 y sulfatos. La reacción podría ser fotoquímica o no fotoquímica por ejemplo hidrólisis, oxidación, etc.

Por su estado físico los contaminantes pueden ser clasificados como gases y partículas, las cuales incluyen sólidos y líquidos. Los gases presentes en la atmósfera como contaminantes, se comportan como el mismo aire; ésto es, una vez difundidos no tienden a depositarse. En lo que a partículas se refiere, las grandes se depositan más rápidamente y producen sus efectos cerca de la fuente; las de tamaño mediano se alejan más y eventualmente se depositan a una cierta distancia de la fuente; mientras que las partículas más pequeñas se comportan casi igual a un gas, esto es, se mantienen suspendidas y son transportadas por los vientos a distancias mayores (4).

Por su composición química, los contaminantes pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos se pueden definir como aquellos que contienen carbono e hidrógeno, pudiendo contener además otros elementos; los inorgánicos incluyen los compuestos simples del carbono como son CO y CO_2 , partículas metálicas, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.

En el Cuadro 3 se presenta una clasificación en clases y subclases de contaminantes de acuerdo con sus características físicas y químicas.

3. REACCIONES DE LOS CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA

Las transformaciones químicas que ocurren en la atmósfera son caracterizadas como procesos de oxidación, reducción y ácido-base. Las reacciones involucran compuestos de carbono, nitrógeno y azufre como los de mayor interés. La oxidación de hidrocarburos, óxido nitroso (NO) y bióxido de azufre (SO_2) da lugar a la formación de compuestos oxigenados tales como aldehídos, bióxido de nitrógeno (NO_2) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). Estos productos denominados contaminantes secundarios se forman en la atmósfera a partir de los contaminantes primarios que son emitidos directamente por las distintas fuentes.

La radiación solar, influye en los procesos fotoquímicos en la atmósfera, interactuando con moléculas que funcionan como fotoaceptores. Producto de la fotodisociación de moléculas estables, son los radicales libres, los cuales son muy reactivos, como ejemplo tenemos: oxígeno atómico (O), hidrógeno atómico (H), radical hidroxilo (OH), y radical hidroperóxido (HO_2)².

La reactividad de los compuestos químicos, puede variar debido a su estructura y peso molecular. Los hidrocarburos son importantes por su velocidad de reacción con varias especies oxidantes y su

El O_3 es un contaminante secundario formado en la atmósfera a través de una compleja serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios, conocidos como precursores. De estos últimos, los más importantes son los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los hidrocarburos no-metano (HCNM). Otro de los precursores, el NO_2 , es un absorbente muy eficiente de la energía solar ultravioleta que llega a la superficie de la tierra. Esta molécula de NO_2 se descompone en NO y O^* ¹ con lo cual se inicia el mecanismo de formación de O_3 . (Figura 1).

Las moléculas de O^* y O_3 tienen gran capacidad para reaccionar por medio de la oxidación de los hidrocarburos reactivos; la reacción de la molécula de O^* es muchas veces más rápida que la de O_3 (5). Así los HCNM se combinan más fácilmente con O^* y se forman radicales que oxidan el NO a NO_2 reiniciando con ello el ciclo fotoquímico. La ruta que se muestra en la Figura 2, conversión de NO a NO_2 sin consumir O_3 , explica los altos niveles de O_3 que se registran en ciertos ambientes urbanos.

El ciclo de formación de O_3 , considerando a sus precursores, HCNM y NO_x , así como la radiación ultravioleta, para la estación de monitoreo del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Ciudad de México, se presenta en la Figura 3 (6).

Otro aspecto muy importante de la contaminación atmosférica, debido a las reacciones químicas que se llevan a cabo, es el fenómeno denominado "lluvia ácida", el cual consiste en que el agua de lluvia presenta valores de pH menores a 5,6. Tomando en cuenta que este valor corresponde a una solución de CO_2 en la atmósfera, mientras no se esté por debajo de dicho valor de pH, la acidez en la lluvia se deberá al equilibrio de CO_2 con el ácido carbónico (H_2CO_3) (7).

Los valores menores de 5,6 indican la presencia de ácidos fuertes tales como ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3), que son producidos a partir de las reacciones de sus precursores, óxidos de azufre y de nitrógeno (SO_x y NO_x) con la humedad de la atmósfera (H_2O) Figura 4, (8).

¹ O^* : Oxígeno en estado excitado.

CUADRO 3
CLASIFICACION DE CONTAMINANTES

Clases mayores	Sub-clases	Contaminantes
Gases orgánicos	Hidrocarburos	Hexano benceno, etileno-metano, butano butadieno
	Aldehídos, cetonas	Formaldehídos, acetona
	Otros compuestos orgánicos	Hidrocarburos clorados, alcoholes
Gases inorgánicos	Oxido de nitrógeno	Bióxido de nitrógeno, óxido nítrico
	Oxido de azufre	Bióxido de azufre, trióxido de azufre
	Oxidos de carbono	Monóxido de carbono, dióxido de carbono
	Otros compuestos inorgánicos	Acido sulfhídrico, ácido fluorhídrico, amoníaco, cloro
	Partículas sólidas	Polvo, humo, aerosoles
	Partículas líquidas	Neblina, aerosoles

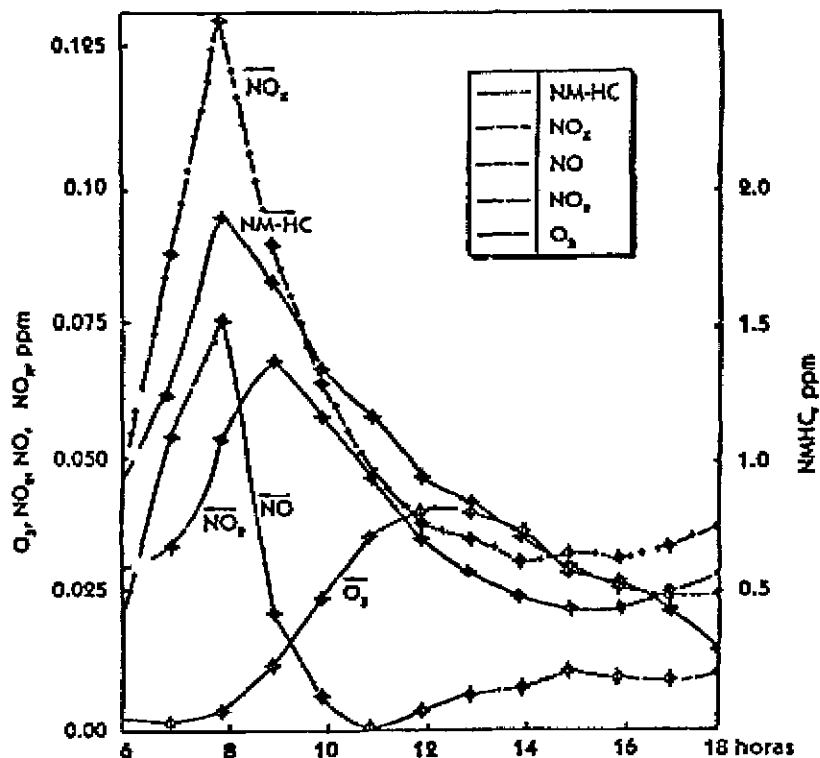
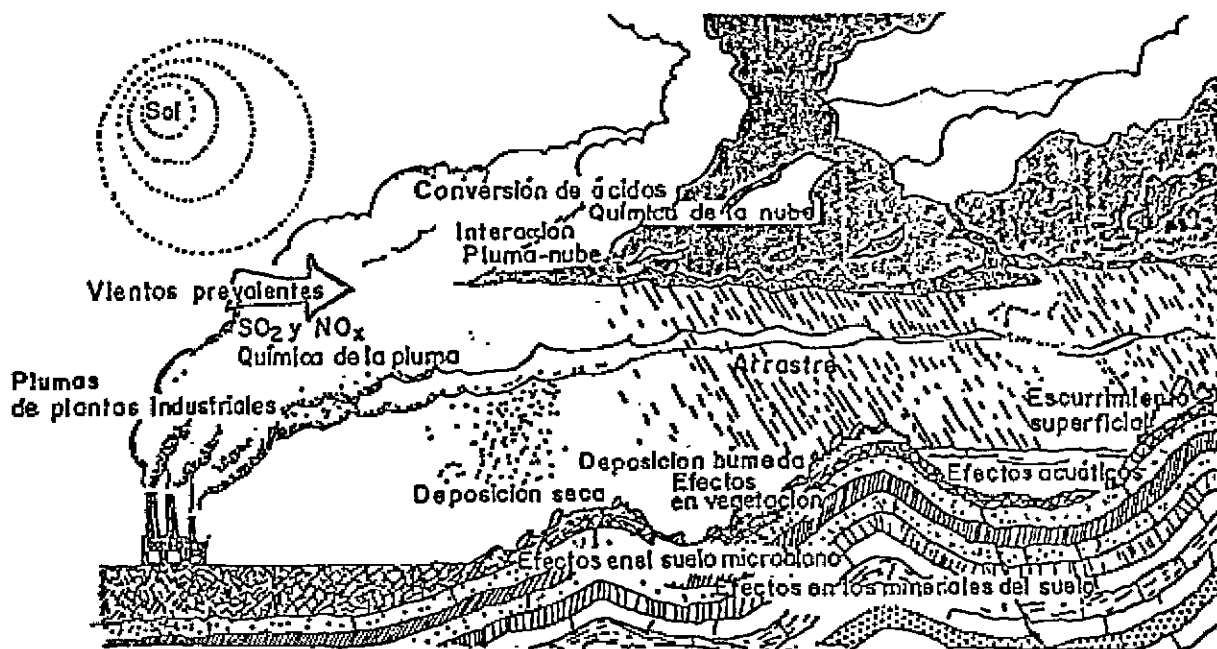


Figura 3 Concentración promedio horario mensual de O₃, NMHC, NO_x, NO y NO₂ en la estación de monitoreo del Centro de Ciencias de la Atmósfera durante el mes de marzo de 1985.



Fuente: Adaptación de la figura aparecida en "The Acid Precipitation Problem" (Llora, Oregon U.S. EPA Environmental Research Laboratory, 1979)

Figura 4 Procesos y efectos ambientales de la deposición ácida.

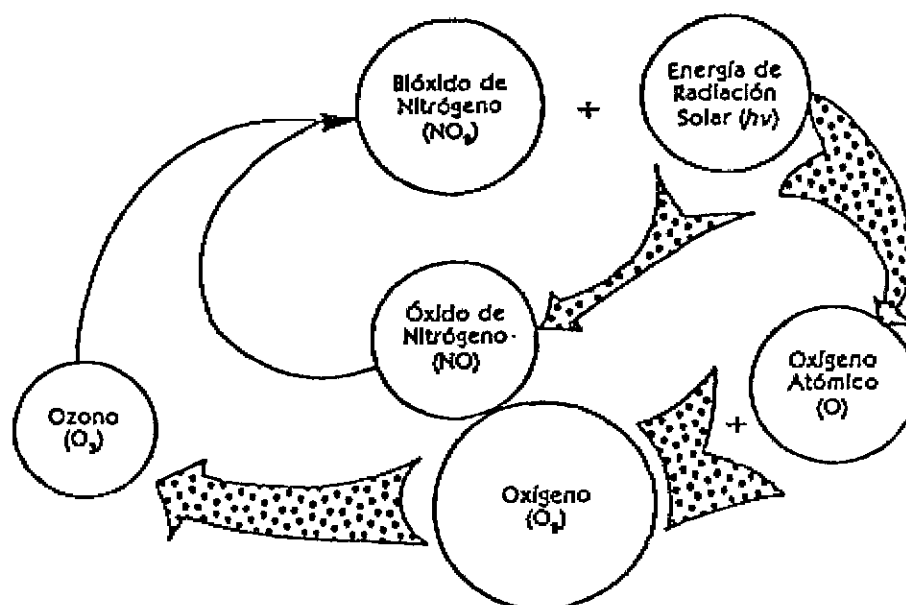


Figura 1 Ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno. (Tomado del Air Quality Criteria for Photochemical Oxidants, N.A.P.C.A. 1970).

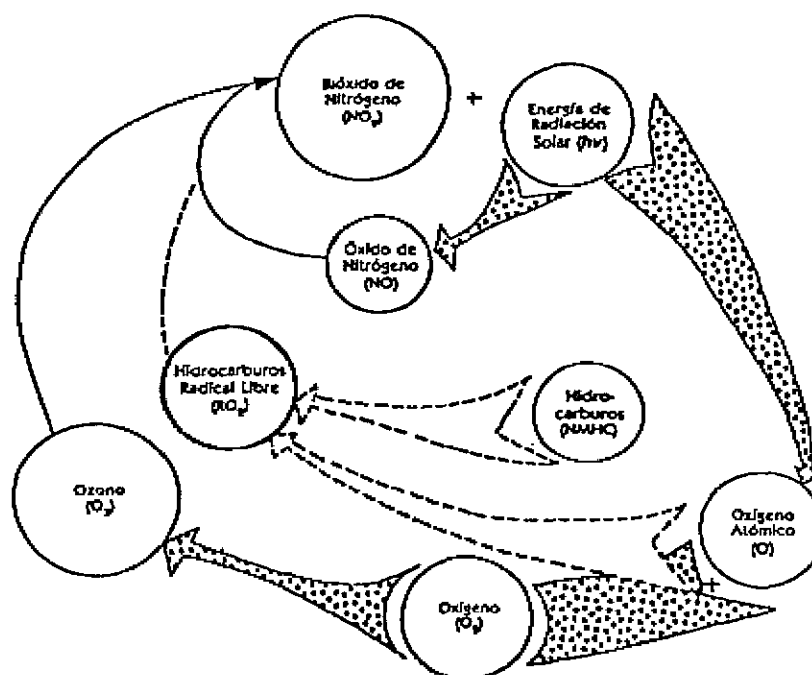


Figura 2 Interacción de los hidrocarburos con el ciclo fotolítico del dióxido de nitrógeno. (Tomado del Air Quality Criteria for Photochemical Oxidants, N.A.P.C.A. 1970).

REFERENCIAS

1. Secretaría de Salubridad y Asistencia. *Legislación Ambiental de México*. SSA, Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. México, 1977.
2. Stern, A. C., Boubel, R. W., Turner, D. B. y Fox, D. L. *Fundamentals of Air Pollution*. 2nd Edition. U.S.A. Academic Pres. Inc. 1984.
3. Rau, J. G. y Wooten, D.C. *Environmental Impact Analysis Handbook*. U.S.A. McGraw-Hill Book Company, 1980.
4. Bravo, A. H. *Contaminación*. México. Colegio de Bachilleres, Area de Biología. Módulo IV. 1980.
5. Department of Health Education and Welfare. *Air Quality Criteria for Photochemical Oxidants*. Washington, D.C. USA. National Air Pollution Control Administration. 1970. Publication N° AP-63.
6. Bravo, A. H., Perrin, G. F., Sosa, E. R. y Torres, J. R. Incremento de la contaminación atmosférica por ozono en la zona metropolitana de la Ciudad de México. *Ingeniería Ambiental*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Año 1, no. 1, Enero-Febrero 1988. Pag. 8-14,40.
7. Environmental Protection Agency. *Acid Rain Research Summary, USA EPA, Office of Research and Development*. 1979. EPA-600/8-79, Octubre.
8. Environmental Protection Agency. *The acid precipitation problem*. Corvallis, Oregon. EPA, Environmental Research Laboratory, 1979.