

En la Ciudad de México, el ozono troposférico hace su aparición durante dos temporadas climáticas del año. La primera de ellas es la temporada seca y fría, que comienza en noviembre y termina en febrero; la segunda es la seca y caliente, que se sitúa en marzo, abril y mayo.

Durante la primera persisten los altos niveles de ozono debido a las inversiones térmicas, que son un fenómeno natural, el cual provoca poca o nu-

la movilidad del aire de manera vertical y horizontal debido a las diferencias notables de temperatura entre las capas de aire que la forman; este evento ocurre principalmente en las primeras horas de la mañana y persiste en esta región, ya que vivimos en una cuenca que afecta aún más la dispersión de gases en la atmósfera.

En la segunda, los niveles de ozono también son altos debido a la cantidad de rayos UV que son capaces de llegar hasta la tropósfera y cuya potencia máxima es de 42 watts por m^2 en la mayoría de los días. Durante el día, el momento con mayor incidencia de estos rayos se encuentra entre las 10:00 y 16:00 horas, es cuando podemos encontrar altos niveles de ozono troposférico.

Estas concentraciones son un problema que comenzó a mediados de 1980 y sigue siendo motivo de estudio debido a que, si bien éstas han disminuido notablemente desde 1990,

el ozono troposférico persiste como uno de los mayores irritantes y generadores de daño en el aparato respiratorio de los seres vivos.

En contraste, en los últimos años hemos escuchado que se ha perdido gran parte de la capa de ozono y cuyos efectos están relacionados con el calentamiento global. La pregunta surge entonces: ¿es bueno o malo que exista ozono en nuestro planeta?

Comenzaré por aclarar que el ozono (O_3) es un gas complejo y benéfico, ya que se utiliza como desinfectante en lugar del cloro debido a la formación de compuestos tóxicos como los organoclorados que se generan durante el proceso de cloración del agua. Este proceso, llamado ozonización en España y ozonación en Latinoamérica, ha cobrado mayor interés porque, además de limpiar, elimina virus.

El ozono se forma en nuestro planeta por la aglomeración



Ozono estratosférico vs. ozono fotoquímico o ambiental

Carlos Iván Falcón Rodríguez



de la masa de moléculas de oxígeno sometida a grandes cantidades de energía; es una molécula de color azul, cuyo olor característico es picante. En la atmósfera, principalmente en la capa llamada estratosfera (por encima de 50 kilómetros sobre el nivel del mar), se denomina ozono estratosférico e impide la llegada en exceso de rayos ultravioleta que provienen del Sol, los cuales envejecen nuestras células de la piel, producen arrugas y quemaduras, y puede dañar el ADN de las células, por lo que es el principal cancerígeno físico ubicuo que predomina en nuestro ambiente. En las plantas también produce efectos genotóxicos y la radiación excesiva es capaz de afectar las macromoléculas, impidiendo el desarrollo morfológico y fisiológico.

Es decir, el ozono estratosférico nos protege principalmente del desarrollo de enfermedades causadas por la radiación UV, pero debido a que

en los últimos años ha disminuido su concentración en dicha capa por el uso de compuestos formados por clorofluorocarbonos que impiden la formación de moléculas de O_3 , existe una pérdida de moléculas de ozono en este nivel atmosférico. La destrucción de esta capa permite el paso de la radiación UV, produciendo un incremento en la temperatura de la Tierra, que forma parte del calentamiento global, además de daños a los seres vivos en general.

Por debajo de la estratosfera, aproximadamente a 12 kilómetros sobre el nivel del mar, encontramos una capa llamada tropósfera, donde todos los seres vivos habitamos e interactuamos y se llevan a cabo los procesos industriales, mineros y el transporte marítimo, terrestre y aéreo. Aquí el ozono se denomina troposférico, ambiental o fotoquímico. Es igual al tratado anteriormente, pero en este caso es incoloro, y es considerado como un

contaminante secundario debido a que se genera durante las reacciones fotoquímicas de los rayos UV que actúan rompiendo los compuestos contaminantes primarios como el dióxido de nitrógeno (NO_2) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Es perjudicial para la salud de los ciudadanos de cualquier parte del mundo).

Efectos en la salud

El ozono troposférico, ambiental o fotoquímico es malo debido





a que su origen no es natural, se forma en donde habitamos y puede producir síntomas en las personas que lo respiran o están en contacto con él, tales como irritación de ojos, dolor de cabeza, náuseas, tos, congestión nasal, dificultad para respirar. También puede incrementar el número de células en la circulación sistémica como los macrófagos, neutrófilos o activar y aumentar algunos mediadores que desencadenan

inflamación, los cuales están relacionado con el desarrollo de enfisema pulmonar.

En personas con alguna enfermedad pulmonar como el asma, enfisema pulmonar o EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), bronquitis, etcétera, la presencia de ozono agrava los síntomas, además de disminuir los niveles de antioxidantes protectores del cuerpo humano.

Una de las acciones tomadas por parte del gobierno en materia de salud ambiental fue la modificación de la Norma Oficial Mexicana que tuvo vigencia por 21 años y estipulaba un límite de exposición de 0.110 ppm durante máximo una hora, la cual no debía de ser rebasada (NOM-020-SSA1-1993), la cual fue actualizada en 2014,

estableciendo como límite de concentración 0.095 ppm en una hora (NOM-020-SSA1-2014). Sin embargo, la organización Mundial de la Salud reconoce que aun por debajo de una concentración de 0.050 ppm durante un tiempo de exposición de ocho horas es posible manifestar efectos por la inhalación de ozono.

Algunas de las recomendaciones que debemos de seguir cuando las concentraciones son altas para evitar todos estos síntomas generados por el ozono troposférico son: no hacer ejercicio al aire libre, no caminar sobre avenidas principales en hora pico, tomar mucha agua y comer frutas y verduras ricas en antioxidantes con el fin de evitar daños a nuestro organismo. 🌍



Carlos Iván Falcón Rodríguez

Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manahan Stanley. *Introducción a la química ambiental*. Editorial Reverté, México.

Adame Romero, Aurora. *Contaminación ambiental y calentamiento global*. Editorial Trillas, México.

Frohmeyer, Hanns y Dorothee Staiger. 2003. "Ultraviolet-B radiation-mediated responses in plants. balancing damage and protection", en *Plant Physiology*, vol. 33. pp. 1420-1428.

Falcón Rodríguez, Carlos Iván *et al.* 2017. "Relación de los mecanismos inmunológicos del asma y la contaminación del aire", en *Revista de la Facultad de Medicina de Colombia*, vol. 65, núm. 2, pp. 333-342.

Grujil de, Frank. 1999. "Skin cancer and solar UV radiation", en *European Journal of Cancer*, vol. 35, núm. 14. pp. 2003-2009.

EN LA RED

<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html>

http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/estadisticas/indicadores/mosaicos/mosaico_ozono.pdf

<http://www.iingen.unam.mx/esmx/BancoDeInformacion/BancodelMagenes/Documents/EstudioRadiacionSolar2016.pdf>

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/m020ssa13.html>

IMÁGENES

P. 132 y 133: Brúcius von Xylander; Robson Carvalho. P. 134: Victoria Cahualo Ink; Rachele Alexandra; Siri Montra.