

El Ozono

en Castilla-La Mancha

¿Qué es el Ozono?

El ozono es una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno (O₃), una más que el caso de la molécula de Oxígeno (O₂), y que se encuentra de forma natural en estado gaseoso, en concentraciones que varían en función de la capa de la atmósfera en la que nos encontremos.



Fue intuido en 1781 por Martius Van Marum, el cual trabajando con equipos eléctricos apuntó la existencia de un olor característico que, en 1839, Christian Schöbein definió con el nombre de ozono (del griego ozein, que significa: exhalar olor, sentir).


Con posterioridad otros científicos destacados estudiaron este gas, pero fue Jacques Lous Soret, químico suizo, el que en 1863 demostró que se trataba de una forma alotrópica del oxígeno, y que estaba formado por tres moléculas de este átomo, puesto que comprobó que tres volúmenes de oxígeno generaban dos de ozono.

¿Qué propiedades de interés tiene?

El ozono es un gas que se genera al producirse potentes descargas eléctricas en el aire, por reacción del oxígeno que contiene, o por reacciones fotoquímicas a partir de otros compuestos (precursores).

El ozono es un gas muy inestable, con un alto poder oxidante, por lo que resulta muy tóxico y corrosivo y se descompone fácilmente.

Son estas mismas propiedades tan peculiares las que hacen que el ozono sea un producto de interés para la industria, en la que, en concentraciones variables, se utiliza para el tratamiento, decoloración y desinfección de aguas potables y residuales, la síntesis química de determinados compuestos químicos orgánicos, la utilización como bactericida en la industria alimentaria, o como blanqueante en la industria papelera y textil.



FICHA TÉCNICA DEL OZONO	
Formulación: O₃	
Masa Molecular:	47,998 gr/mol.
Apariencia:	Gas incoloro o de azul claro
Otras características:	Olor fuerte y picante
Nº CAS:	[100028-15-6]
Nº ICSC:	0068
Nº RTECS:	RSP225000
Fase habitual:	Gas
Densidad:	2,141 gr/l (0°C)
Volúmen específico:	0,519 m ³ /kg (21°C - 1 atm)
Densidad relativa de vapor:	1,612 (aire =1)
Solubilidad en agua:	0,105 gr/100 ml (0°C)
Punto de fusión:	-197.2 °C
Punto de ebullición:	-111.9 °C
Punto triple:	-192.5 °C
Presión de vapor:	5500 kPa (°12°C)
Densidad del líquido:	1352 gr/l

Contenidos:

Diferencias entre la “capa de ozono” y el “ozono troposférico”.	2
¿Cómo se genera el ozono en la troposfera?	3
¿Qué efectos puede tener sobre la salud y el medio ambiente?	3
¿Qué niveles podemos encontrar en Castilla-La Mancha?	4
Legislación que lo regula — Umbrales de información y alerta.	5
¿Cuál es la población susceptible y qué se recomienda?	6
¿Qué hacer para reducir el ozono?...	6

Diferencias entre la “capa de ozono” y el “ozono troposférico”

Probablemente el ozono más popular sea el que se encuentra en la famosa “capa de ozono”, técnicamente conocida como ozonósfera, a unos 25 km sobre el nivel del mar (altura a la que experimenta su máxima concentración).

Este ozono es conocido por su función protectora contra los rayos ultravioleta del sol, con los que forma un equilibrio dinámico en la formación y destrucción de moléculas de ozono y oxígeno, al reaccionar consumiendo la energía de este tipo de radiaciones perjudiciales para el ser humano (con longitudes de onda menores a los 290 nm).

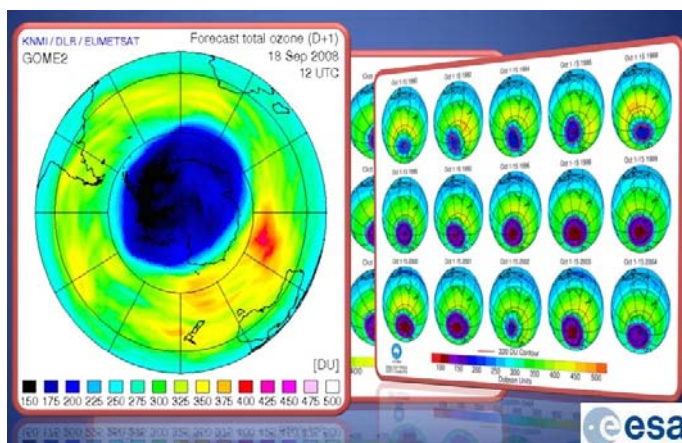
La capa de ozono fue descubierta por Charles Fabry y Henri Buisson en 1913, y estudiada con mayor profundidad entre 1928 y 1959 por Gordon M.B. Dobson, en cuyo honor fue nombrada como “unidad Dobson” (DU) la medida de espesor de la

capa de ozono.

Sin embargo, esta capa de la atmósfera se hizo tristemente famosa cuando en 1974 Mario J. Molina y Frank Sherwood Rowland descubrieron que determinados compuestos de origen antropogénico, en especial los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs), afectaban a este delicado equilibrio de la ozonósfera, catalizando la destrucción del ozono, que desaparece a velocidades superiores a las de su generación.

No obstante, no sólo hallamos ozono en la estratosfera, sino que se puede encontrar, a concentraciones muy inferiores (del orden de hasta ocho veces menores), en el aire que respiramos, a nivel terrestre, en lo que se denomina como “troposfera”.

El ozono que encontramos en esta capa de la atmósfera, es el que se denomina como “ozono



troposférico”, y se da de forma natural, aunque por lo general en concentraciones muy bajas que no afectan a la calidad del aire.

Es en aquellos casos en los que los niveles se ven incrementados, fundamentalmente debido a la emisión de compuestos precursores por parte de fuentes antropogénicas, cuando puede convertirse en un contaminante que, dada su alta reactividad, puede ser tóxico para el ser humano, generando problemas de salud y agravando patologías ya existentes, así como para la vegetación, más sensible aún a las altas concentraciones de este compuesto, frente a las cuales experimenta un acusado descenso de su productividad biológica.

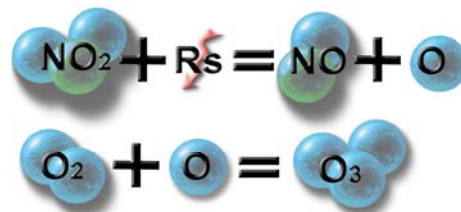
Podemos encontrar ozono en la atmósfera desde el nivel del mar hasta los 40 km de altura, pero es en la zona más baja (la troposfera) donde se convierte en un problema al provocar daños en la salud, la vegetación e incluso los materiales.



¿Cómo se genera el ozono en la troposfera?

En la troposfera la aparición del ozono se puede producir de dos maneras distintas:

- De forma natural, ya sea procedente de las capas altas de la estratosfera, al ser transportado hacia niveles más bajos, por las descargas eléctricas generadas por las tormentas, o por la reacción de determinados compuestos emitidos por procesos biológicos naturales.
- De forma artificial, por la reacción de los contaminantes emitidos por actividades humanas de diversa índole (tráfico, procesos de combustión, industria, etc). Contaminantes primarios de fuentes antropogénicas que, en combinación con determinados factores ambientales, y en especial la radiación solar, provocan un incremento en los niveles habituales de este contaminante secundario.



Éste último factor es el que, en la mayoría de las ocasiones, hace que los niveles de ozono se incrementen muy por encima de lo habitual, provocando un empeoramiento de la calidad del aire.

Entre los principales agentes precursores del ozono se encuentran los óxidos de nitrógeno (NO_x), emitidos por cualquier proceso de combustión, y muy comunes en la atmósfera de aquellas zonas con alta densidad de población, tráfico intenso o concentración industrial. Además de los óxidos de nitrógeno, otros compuestos son también precursores, tales como los compuestos orgánicos volátiles.

El otro factor relevante para la generación de ozono es la radiación solar, con cuyo incremento se alcanzan los niveles de energía suficientes para la liberación de átomos de oxígeno, procedentes de los distintos precursores, que darán lugar al ozono.

Generado a partir de compuestos precursores y altas radiaciones solares, el ozono es un contaminante secundario que irrita las vías respiratorias.

¿Qué efectos puede tener sobre la salud y el medio ambiente?

Los efectos sobre la salud por la exposición al ozono varían mucho en función de los niveles alcanzados, el tiempo de exposición, la ventilación durante la exposición y, lo que es más importante, la sensibilidad de cada individuo a dicho contaminante.

El alto poder oxidante del ozono hace que afecte a las membranas celulares de aquellos órganos más expuestos (células ciliadas y mucosa de la tráquea, bronquios, bronquiolos, etc), lo que, a concentraciones elevadas, hace que se produzca una irritación de las mucosas y de los tejidos pulmonares, afectando a la permeabilidad de estos y aumentando la susceptibilidad a los alérgenos, lo que agrava los ataques de asma y genera sequedad y tos.

A concentraciones más elevadas se puede experimentar inflamación pulmonar e irritación ocular, disminución de la capacidad pulmonar, dolores de cabeza, cansancio y fatiga, e incluso daños en las mucosas y dolor pectoral al respirar.



A largo plazo, las altas concentraciones de ozono en el aire que respiramos pueden provocar la disminución de la función pulmonar o influir en su normal desarrollo, alterando además el sistema inmunológico.

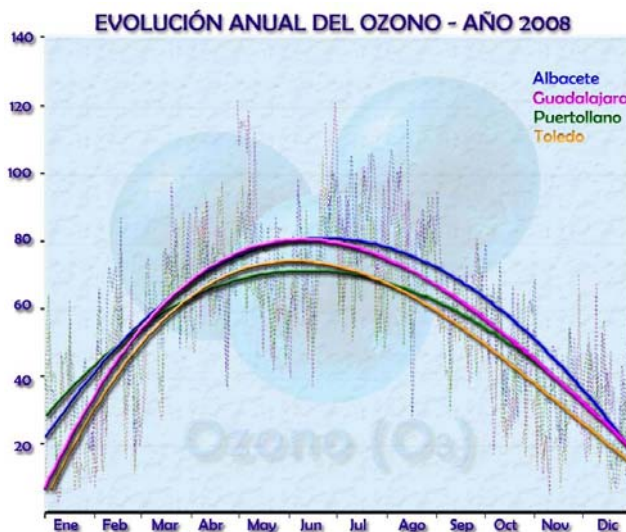
Pero el ozono no sólo afecta a la salud de las personas, sino que también es tóxico para las plantas, al ser absorbido directamente por las hojas y consumirse en reacciones químicas con ácidos grasos que generan compuestos tóxicos para la planta (aldehídos, cetonas, etc), afectando al parénquima.

El efecto final del ozono sobre la vegetación se muestra, generalmente, en las hojas, sobre las que aparecen manchas oscuras, haciendo que disminuya la actividad fotosintética, perjudicando al crecimiento de la planta y al rendimiento de las cosechas, con especial intensidad en las especies herbáceas.

¿Qué niveles podemos encontrar en Castilla-La Mancha?

Los niveles de ozono que se pueden encontrar en Castilla-La Mancha son los propios del sur de Europa, caracterizados por las altas radiaciones solares que hacen que se experimenten valores más elevados para este contaminante, esencialmente en aquellas áreas próximas a fuentes de contaminación relevantes (industrial o de tráfico).

Por otro lado, los niveles de ozono varían estacionalmente, tal y como se puede observar en el gráfico anual, por lo que en los meses de otoño e invierno son más bajos, con medias diarias que van de los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a los 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que en los meses de verano, cuando la estabilidad atmosférica es mayor y se producen los máximos de radiación solar. De hecho, durante el periodo de verano las concentraciones medias diarias son superiores a los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y pueden llegar a superar ocasionalmente los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sobretodo en los meses de junio y julio.

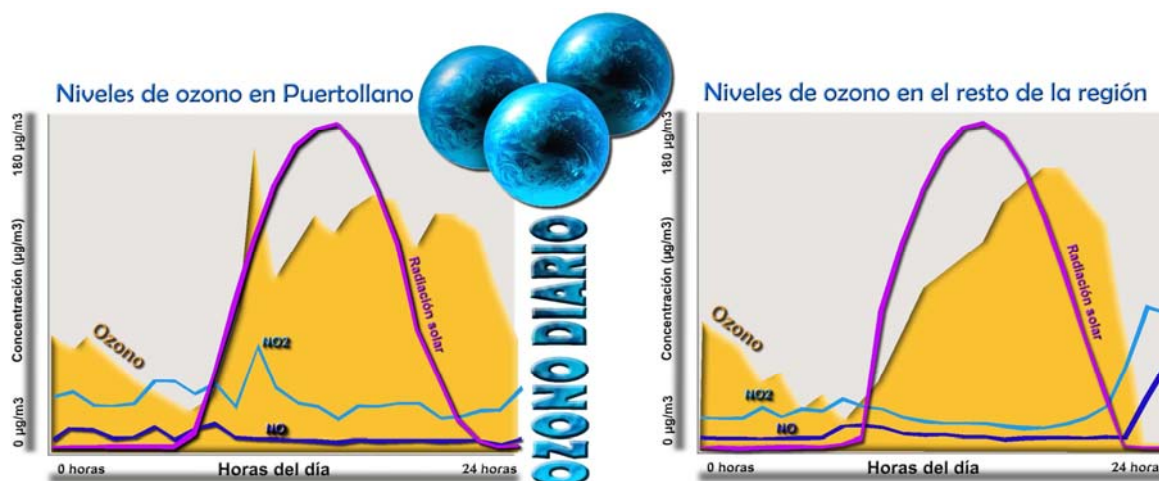


A lo largo del día las concentraciones de ozono también suelen variar considerablemente, en función de la mayor o menor presencia de precursores y de la radiación solar, dándose en Castilla-La Mancha dos perfiles característicos de evolución:

Por un lado la zona de Puertollano que, por sus especiales características geomorfológicas, de estabilidad atmosférica y de concentración industrial, suele experimentar los máximos valores horarios a primera hora de la mañana, entre las 10 y las 12 am, cuando comienza a incrementarse la radiación solar, momento en el que los contaminantes primarios acumulados reaccionan para generar ozono. Esta zona se caracteriza por presentar “picos” puntuales de altas concentraciones de ozono que, con gran rapidez, tienden a desaparecer, lo que hace que la zona de Puertollano disponga a su vez de los máximo horarios de la región y de los mínimos diarios.

Por otro lado el resto de la región, cuyo incremento en los niveles de ozono se corresponde con el comportamiento habitual experimentado por este contaminante, generándose una reacción progresiva de los precursores con el incremento de la radiación solar, lo que lleva a que los valores máximos horarios se alcancen entre las 4 y las 8 de la tarde y que, al contrario que en el caso de Puertollano, las concentraciones se mantengan altas durante un mayor periodo de tiempo, por lo que se experimentan incrementos menos virulentos pero que generan medias diarias más elevadas.

Durante los meses de verano es cuando el ozono se convierte en el contaminante más destacado, llegando a alcanzar medias diarias que en ocasiones superan los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Legislación que lo regula — Umbrales de información y alerta.

En la actualidad la calidad del aire en materia de contaminación por ozono dispone de normativa propia. El Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, incorpora al derecho interno la Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo, y establece para este contaminante valores límite, objetivos a medio y largo plazo, umbrales de información y alerta, así como criterios para la realización de planes y programas, o la evaluación de este contaminantes y sus precursores.

Uno de los aspectos que mayor atención y control recibe por parte de la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Castilla-La Mancha es la superación de los Umbrales de Información (180 µg/m³) y Alerta (240 µg/m³), a partir de los cuales se entiende que la concentración de ozono puede afectar ya a población sensible. Por este motivo, cuando la Red de Control y Vigilancia detecta que una concentración media horaria ha superado estos valores, se activa un Protocolo de Información de Episodios de Contaminación que permite informar a la población afectada de la situación producida (a través de mensajes a móvil, Internet, medios de comunicación, autoridades públicas, protección civil o policía local) y coordinar las actuaciones para el control y seguimiento de la emisión de precursores. De esta forma se consigue minimizar el tiempo de exposición de la población sensible a este tipo de situaciones y reducir, a su vez, la duración de los episodios de contaminación por ozono.

La superación de los umbrales de información y alerta se produce esencialmente en los meses de verano, dependiendo en gran medida de las condiciones de estabilidad meteorológica y de radiación solar, así como de la concentración de precursores, que se da en cada zona. Esto hace que de un año a otro se puedan producir fluctuaciones considerables en el número, entidad y duración de las superaciones. No obstante, el histórico acumulado hace que se puedan identificar dos zonas en Castilla-La Mancha que se distinguen por las concentraciones experimentadas de ozono, tal y como contempla la zonificación realizada para la región. Se trata de la zona de “El Corredor del Henares” (Azuqueca de Henares y Guadalajara) y la zona de “Puertollano”. Entre ellas dos acumulan más del 85% de los valores medios horarios que superan el umbral de información de toda la región, siendo Puertollano la responsable del 97% de las superaciones del umbral de alerta.

Además de los umbrales de información y alerta, la legislación establece valores objetivo a medio y largo plazo muy estrictos basados en el máximo valor octohorario* del día. En este sentido, casi todas las estaciones de control de la red de Castilla-La Mancha, al igual que ocurre en gran parte del territorio nacional, presentan serias dificultades para su cumplimiento, superando en casi todos los casos el valor objetivo establecido para 2.010, y en su totalidad los establecidos para 2.020, por lo que se está estudiando la adopción de planes y programas que permitan, en la medida de lo posible, reducir la contribución del factor antropogénico a los niveles de ozono dados en la actualidad.

La Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire dispone de un Protocolo de Información de Episodios de Contaminación que permite la detección de los episodios de ozono para su comunicación a la población afectada y la adopción de medidas para el control de las emisiones.

Objetivo de protección	Parámetro	V. Objetivo (2.010)	V. Objetivo (2.020)	Valor límite	Umbral de información	Umbral de alerta
Protección de la salud	Máximo de las medias octohorarias del día.	120 µg/m ³ que no deberá superarse más de 25 días al año en un periodo de 3 años.	120 µg/m ³		180 µg/m ³ h	240 µg/m ³ h
Protección de la vegetación	AOT40, calculada a partir de valores horarios de mayo a julio.	18.000 µg/m ³ de promedio en un periodo de 5 años.	6.000 µg/m ³			
	AOT40, calculada a partir de valores horarios de abril a septiembre (forestal)			20.000 µg/m ³		
Bienes materiales	Media anual			40 µg/m ³		

* Octohorario: Concentración promedio resultante de un periodo de ocho horas.

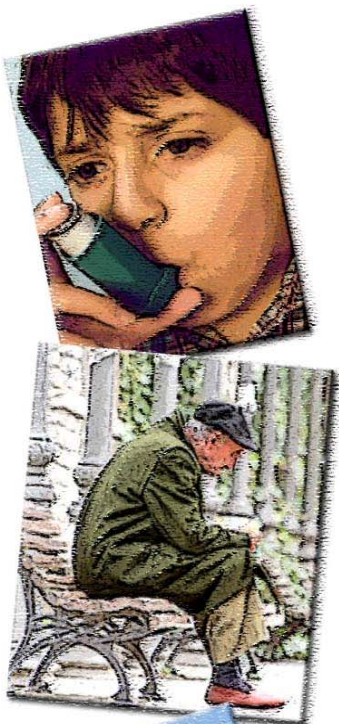
¿Cuál es la población susceptible y qué se recomienda?

Presentan mayor sensibilidad a las concentraciones elevadas de ozono los siguientes grupos de personas:

- A) Los enfermos del aparato respiratorio, tales como los asmáticos o las personas con bronquitis o con la capacidad pulmonar disminuida, como los ancianos, que podrían ver agravadas sus dolencias.
- B) Las personas que estén realizando actividad física en el exterior, por cuanto que al respirar más volumen de aire se exponen a una mayor absorción de este contaminante y, por ende, a una mayor afección de las vías respiratorias.
- C) Los recién nacidos y niños que, dada la época en la que se producen las altas concentraciones de ozono (verano), suelen encontrarse en el exterior realizando actividades que implican el ejercicio físico.
- D) Las personas que, por causas aún desconocidas, presentan una mayor sensibilidad a este contaminante.

Todos estos grupos de riesgo deberían tener en cuenta que, es en los momentos de mayor radiación solar, y según los escenarios que ya se ha visto para cada zona, cuando se producen los mayores niveles de contaminación por ozono.

Por lo tanto, antes de realizar cualquier actividad en el exterior deberían comprobar los niveles de ozono existentes y, en caso de altas concentraciones o de superación del umbral de información o alerta, deberían permanecer en sus domicilios, con puertas y ventanas cerradas, evitando realizar cualquier esfuerzo físico.



¿Qué hacer para reducir el ozono?...

Una vez que se ha producido un incremento en los niveles de ozono, las posibilidades reales de conseguir una reducción de los mismos a corto plazo y por la acción de medidas correctoras son prácticamente inexistentes, por lo que las actuaciones deben ir orientadas a la adopción de medidas preventivas en las que todos estamos implicados:

- A) La reducción de las emisiones por tráfico rodado son extraordinariamente importantes en los cascos urbanos por cuanto que se reduciría gran parte de las emisiones de NOx. Esto implica tanto al ciudadano (uso del transporte colectivo, etc) como a las administraciones (planificación urbanística adecuada, etc).
- B) La optimización y el uso adecuado de la energía ayudan también a reducir las emisiones de precursores. Esto implica tanto a las personas (en el hogar y en el trabajo) como a las empresas (mediante la prevención de la contaminación).
- C) Evitar la realización de actividades que impliquen la emisión de COVs durante el día (limpieza de depósitos de combustible, pintado, repostaje, etc).



Más en la Web sobre el ozono en :

<http://pagina.jccm.es/medioambiente/rvca/ozonotopos.htm>

http://pagina.jccm.es/medioambiente/rvca/supera/menu_supera.htm

CUADERNOS TÉCNICOS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN CASTILLA-LA MANCHA

Centro de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Castilla-La Mancha
Servicio de Medio Ambiente Industrial

C/ San Pedro El Verde, nº49.
45.071 - Toledo

Tlf: 925 24 85 36
Fax: 925 24 85 34
ccalair@jccm.es