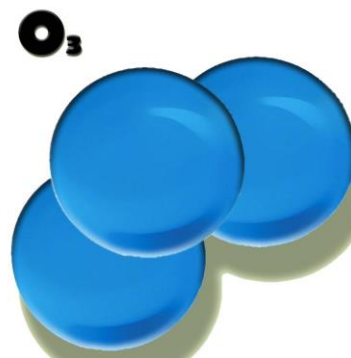


O3.- Ozono troposférico

El ozono es un gas incoloro, invisible y de olor agradable, formado por tres átomos de oxígeno (O₃), al contrario que el oxígeno que respiramos, formado por sólo dos átomos de oxígeno (O₂). Esta molécula de ozono tiene una fuerte tendencia a desprenderse de uno de los átomos de oxígeno, cediéndolo a otros compuestos, por lo que se trata de un compuesto muy reactivo.



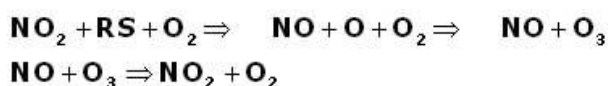
El ozono en la capa estratosférica, entre los 20 y 50 km de altura, está formándose y destruyéndose constantemente absorbiendo las radiaciones ultravioleta (UV) que llegan desde el sol. El ozono a esta altura forma lo que se conoce como "capa de ozono" y es claramente beneficioso. Sin embargo, este ozono estratosférico poco o nada tiene que ver con el ozono que se puede encontrar a nivel superficial o troposférico, donde se convierte en un contaminante atmosférico peligroso que hay que evitar.

A nivel troposférico el ozono se convierte en una molécula extremadamente reactiva que tiende a oxidar a otros compuestos, con lo que a determinadas concentraciones, tiene efectos corrosivos sobre ciertos materiales e irritantes sobre las mucosas y tejidos de los seres vivos.

El ozono existe de una forma natural en la troposfera debido a determinadas incursiones de la estratosfera y a los procesos naturales que tienen lugar en la biosfera a partir de la emisión de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles procedentes de la vegetación, procesos de fermentación y volcanes. Sin embargo, este ozono en ningún momento alcanza una concentración peligrosa. Es por las emisiones producidas de forma artificial cuando el ozono se puede convertir en un problema de contaminación atmosférica grave.

El ozono (O₃) no se emite directamente por ninguna fuente contaminante de emisión, sino que se forma en la atmósfera por la reacción de contaminantes primarios. Es lo que se denomina un contaminante secundario.

En la troposfera el ozono se genera y destruye a partir de reacciones químicas en las que intervienen contaminantes primarios tales como NO₂, NO y compuestos orgánicos volátiles (COV's), ante la presencia de oxígeno (O₂), una fuerte y constante radiación solar (en una longitud de onda de 295 a 430) y altas temperaturas. La modificación de alguno de estos factores se traduce en un incremento o disminución del ozono, pudiendo alcanzarse altas concentraciones de este contaminante. La reacción típica con los óxidos de nitrógeno es:



En estas reacciones un incremento de la radiación solar provocaría un aumento de la producción de ozono, así mismo, introducir contaminantes como los compuesto orgánicos volátiles, da lugar a la generación de radicales libres que son capaces de interactuar con los óxidos de nitrógeno sin que se produzca destrucción del ozono, lo que aumenta su concentración. Pero sobretodo es el aumento en la generación de óxidos de nitrógeno, de

origen antropogénico, la que provoca que la reacción se desplace y se aumente la concentración de ozono.

Se observa pues que las reacciones de generación de ozono en la atmósfera son complejas y, en ocasiones, la reducción de uno de los precursores no lleva necesariamente a la reducción del ozono generado, pudiendo llegar incluso a aumentarlo. Es necesario pues actuar conjuntamente sobre todos los contaminantes primarios y con la antelación suficiente para prevenir la generación posterior de ozono.

El ozono en el aire ambiente se mide en microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Pero la afección de este contaminante viene dada no sólo por su concentración, sino también por el periodo de tiempo en el que ésta se produzca (duración) y por el receptor de dicha contaminación (seres vivos, vegetación o materiales).

El Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, establece una serie de umbrales de protección, información y alerta establecidos como valores orientativos que marcan el límite superior de lo que serían los valores deseables para la protección de la salud, la vegetación o los materiales.

Contaminante	Tipo de valor	Periodo de promedio	Valor
Ozono troposférico	Objetivo de protección de la salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25 superaciones año) (promedio de 3 años)
	Objetivo de protección de la vegetación	AOT40 ¹ (entre mayo y julio)	18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$ (promedio de 5 años)
	Objetivo a largo plazo de protección de la salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Objetivo a largo plazo de protección de la vegetación	AOT40 (entre mayo y julio)	6.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{h}$
	Umbral de información	Horario	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Umbral de alerta	Horario	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Son los umbrales de información y de alerta a la población los que de una forma más inmediata pueden afectar a la población, estando concebidos como valores a partir de los cuales podrían darse efectos adversos sobre la salud de las personas. La superación de estos umbrales da lugar a lo que generalmente se denomina como "episodios de ozono".

Los episodios de ozono se producen en aquellas situaciones en las que los componentes principales, precursores del mismo, están presentes de una manera más cuantiosa. El principal de ellos es la radiación solar, así, la gran mayoría de los episodios se producen durante los meses de verano y primavera, ya que es durante esta época donde se producen los máximos de temperatura y radiación solar.

La presencia de contaminantes primarios resulta también de vital importancia. Estos vienen generados por la industria y, en mayor medida y en grandes aglomeraciones urbanas, por el tráfico rodado, que emite grandes concentraciones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (procedentes de la mala combustión y la evaporación de los combustibles).

En el caso de Castilla-La Mancha las mayores concentraciones de ozono se pueden llegar a alcanzar a primeras horas de la tarde (entre las 13:00 y las 19:00 horas), salvo el caso de

¹ AOT40: Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 Parts per Billion

la población de Puertollano que, por sus características propias (geográficas e industriales) suele experimentar las mayores concentraciones de ozono durante las horas de la mañana (entre las 9:00 y las 13:00 horas).

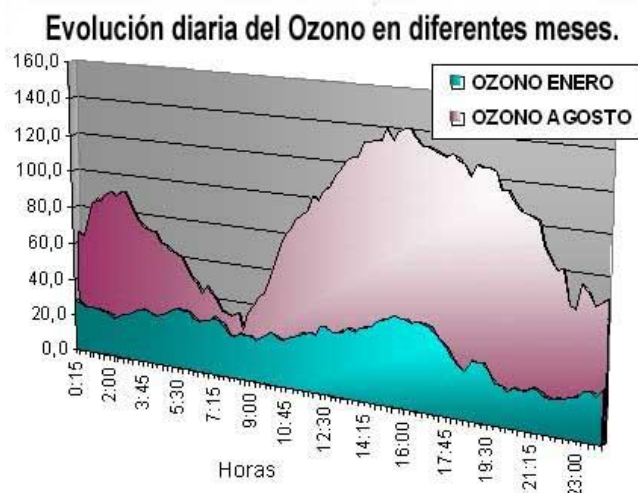


Gráfico: Se puede observar en el presente gráfico como la evolución media de una de las cabinas de la red de control de la contaminación atmosférica durante un día del mes de enero presenta valores más reducidos que la evolución presentada durante el mes de agosto del mismo año (los datos corresponden a los valores quinceminutales validados de los meses de enero y agosto de 2003)

La red de control y vigilancia de la contaminación atmosférica de Castilla-La Mancha lleva a cabo importantes actividades y mejoras en relación al ozono, al objeto de garantizar la fiabilidad de las medidas y proteger e informar a la población de posibles exposiciones a concentraciones elevadas de ozono:

- Utilización de técnicas de medida más precisas. La técnica de medida de referencia para la medición de ozono establecida por la Unión Europea es la denominada "Absorción Ultravioleta". Sin embargo esta técnica presenta un cierto nivel de interferencias con determinados hidrocarburos en el aire que absorben la misma frecuencia que el ozono, aspecto éste que podría aumentar de forma engañosa las medidas de ozono en determinadas zonas, como la de Puertollano. Por ello, la red de vigilancia en Puertollano dispone de equipos que miden en paralelo el ozono por una técnica analítica diferente (Quimiluminiscencia), que permite cuantificar en todo momento los causantes y la magnitud de la interferencia.
- Información a la población. Los datos de ozono de Castilla-La Mancha, al igual que los del resto de contaminantes, se actualizan de forma horaria a través de internet, estando a disposición del público los últimos datos horarios recogidos por la red para cada contaminante y en cada una de las doce estaciones de las que se disponen actualmente.

En caso de episodios de contaminación por ozono que superen los valores umbrales establecidos por la normativa, la red de control y vigilancia dispone de un protocolo de actuaciones destinado a garantizar la correcta información a la población. Dicho protocolo contempla incluso un protocolo informativo de comunicación con las empresas, destinado a conocer el estado de las emisiones y de las industrias cercanas que pudieran intervenir de forma indirecta en el episodio.

Además, con la intención de formar e informar a la población y público en general con interés sobre este contaminante troposférico, la Junta de Comunidades de Castilla-La

Mancha ha elaborado estudios e informes sobre este y otros contaminantes, así como cuadernos técnicos específicos que permiten disponer de una extensa información.

- Ampliación de los puntos de medida de la red. El ozono es un contaminante secundario que depende en gran medida de la generación de contaminantes primarios en la zona de estudio y su dispersión en la atmósfera por las condiciones locales. En este sentido, los esfuerzos de la administración se orientan a la ampliación de los puntos de medida y control del ozono, ya sea a través de la implantación de nuevas estaciones de control, habiendo pasado de ocho a doce estaciones de control.

Como se ha comentado anteriormente, el ozono es una molécula muy reactiva, altamente oxidante, que resulta tóxica a elevadas concentraciones. El aparato respiratorio es el mayor perjudicado por las altas concentraciones en el aire ambiente, aunque la afección a las personas, y por lo tanto los síntomas que se experimenten, dependen de la distinta sensibilidad de éstas al contaminante y del nivel y tiempo de exposición.

Un aumento en las concentraciones normales de ozono puede afectar a las personas provocando diferentes síntomas, aunque, por lo general, los mismos difícilmente se distinguen de las perturbaciones generales del estado de la salud generadas por otras causas. Es decir, un aumento significativo en las concentraciones normales de ozono puede afectar en primer lugar a los grupos de población más sensibles, denominados "grupos de riesgo", y especialmente a enfermos de corazón y pulmón.

Los primeros síntomas se traducen en problemas respiratorios y empeoramiento del asma, pudiendo producirse ligeras irritaciones de las mucosas del sistema respiratorio que provocan tos y garganta seca. Aumentos de concentraciones pueden llegar a provocar un empeoramiento de la función pulmonar, malestar general, dolor de cabeza, disminución del rendimiento, etc.

Mayores concentraciones, de aproximadamente $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nivel al que está establecido el umbral de alerta, han permitido observar casos en los que se producen, además de los síntomas anteriores, náuseas, dolores pectorales al inspirar profundamente y disminuciones temporales de la capacidad pulmonar. Por encima de estos niveles se ha observado también inflamaciones pulmonares, hiperreactividad de las vías respiratorias y deterioro de la función pulmonar. Además, la exposición prolongada a altas concentraciones de ozono puede alterar el sistema inmunológico del aparato respiratorio, haciendo a las personas más susceptibles a las infecciones del mismo.

Los grupos de riesgo, sobre los que un aumento en la concentración de ozono en el aire ambiente podría resultar más peligrosa, representan aproximadamente un 10% de la población total y son:

- Personas con afecciones respiratorias. Las personas con enfermedades crónicas respiratorias como el asma y la bronquitis, con la capacidad pulmonar reducida, de avanzada edad o con la capacidad inmunológica reducida, pueden experimentar un agravamiento de los síntomas habituales por el aumento en la concentración de ozono.
- Adultos que realicen actividad física en el exterior. Aquellas personas que realizan actividades físicas intensas en el exterior, en las que se pueda producir fatiga, respiran más rápido y más profundamente, aumentando las dosis recibidas por el ozono. Ello implica un aumento considerable en la exposición con el consecuente aumento en la afección.

- Niños. Dadas las épocas en las que se suelen producir las superaciones, los niños son uno de los grupos con más riesgo a la exposición, dada la multitud de actividades físicas al aire libre que suelen realizar.
- Personas sensibles. Existen determinadas personas que, por causas aún desconocidas, experimentan una mayor sensibilidad al ozono, viéndose afectadas por el aumento en las concentraciones de este contaminante.

Estas personas, ante la comunicación de un episodio de contaminación por ozono, deben evitar la realización de esfuerzos físicos prolongados al aire libre, previniendo el contacto con agentes alergénicos (polvo, polen, etc) en caso de tener asma.

Una vez producido el episodio de ozono, las posibilidades de conseguir una reducción significativa a corto plazo, adoptando medidas correctoras, son mínimas, dadas las reacciones que lo provocan y la propia inercia de las mismas. Sin embargo, si es posible adoptar ciertos hábitos, por parte de la población, que lleven a la prevención de los niveles alcanzados. Estos hábitos son:

- Usar medios de transporte colectivos, o no contaminantes (bicicleta o caminando), evitando además desplazamientos innecesarios y/o aprovechando el mismo coche para varias personas. Esto permitiría reducir las emisiones por el tráfico rodado, máximas responsables, en la mayoría de las ocasiones, de la emisión de óxidos de nitrógeno.
- Ahorrar energía en el hogar y en el trabajo, utilizando de manera moderada el aire acondicionado, lo que evitaría la emisión de grandes cantidades de óxidos de nitrógeno a la atmósfera por parte de las centrales de generación eléctrica.
- Evitar la realización de actividades que puedan emitir compuestos orgánicos volátiles, como la utilización de pinturas y disolventes que no sean de base acuosa, el repostaje de vehículos, etc, sobretodo durante las horas centrales del día.
- Realizar un mantenimiento correcto de los vehículos y disponer en los mismos de un catalizador regulado podría disminuir la emisión de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno durante el funcionamiento de los mismos.

Recomendaciones en caso de superar el umbral de información:

- Grupos de riesgo:
 - Niños, madres gestantes, ancianos y adultos con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- Síntomas probables:
 - o Tos, irritación de garganta, sensación de ahogo en el pecho.
 - o Irritación Ocular.
 - o Dificultad para respirar profunda y enérgicamente.
 - o Puede agravar enfermedades respiratorias.
 - o Aumento de la susceptibilidad a infecciones respiratorias.
- Precauciones para la población afectada:
 - En caso de superación del umbral de información de ozono, se recomienda a todos los grupos de riesgo que eviten realizar esfuerzos físicos al aire libre, principalmente si producen fatiga, si son de larga duración y si se realizan en las horas centrales del día. Se recomienda también evitar el contacto con alérgenos, como el polen, el polvo y animales en caso de alergia a los mismos y mantenerse informado de la evolución de los niveles.

Recomendaciones en caso de superar el umbral de alerta:

- Grupos de riesgo:



Toda la población y especialmente niños, madres gestantes, ancianos y adultos con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

- Síntomas probables:
 - Tos, irritación de garganta, sensación de ahogo en el pecho.
 - Irritación ocular.
 - Dificultad para respirar profunda y enérgicamente.
 - Puede agravar enfermedades respiratorias.
 - Aumento de la susceptibilidad a infecciones respiratorias.
- Precauciones para la población afectada:

En caso de superación del umbral de alerta de ozono, se recomienda a todos los grupos de riesgo que eviten realizar esfuerzos físicos al aire libre, principalmente si producen fatiga, si son de larga duración y si se realizan en las horas centrales del día. Se recomienda también evitar el contacto con alérgenos, como el polen, el polvo y animales en caso de alergia a los mismos y mantenerse informado de la evolución de los niveles.