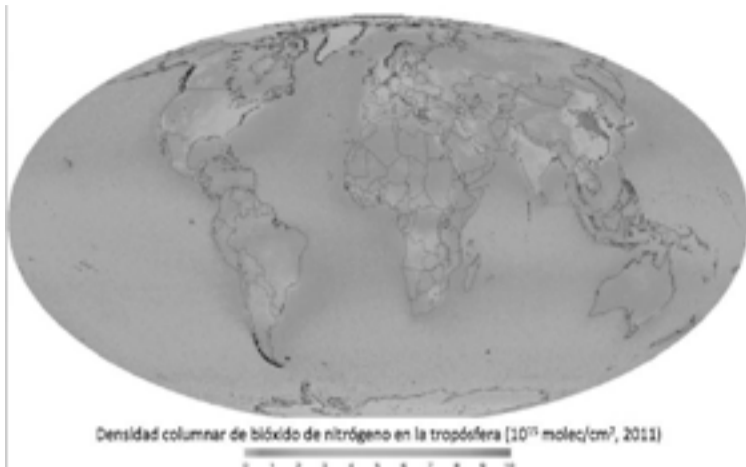


# Riesgos ocultos en las plantas termoeléctricas



1. Mapa indicando mediante una escala de color el número de moléculas que hay en la tropósfera arriba de cada centímetro cuadrado de la superficie terrestre.

**Antonio Sarmiento Galán**  
Instituto de Matemáticas de la UNAM  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

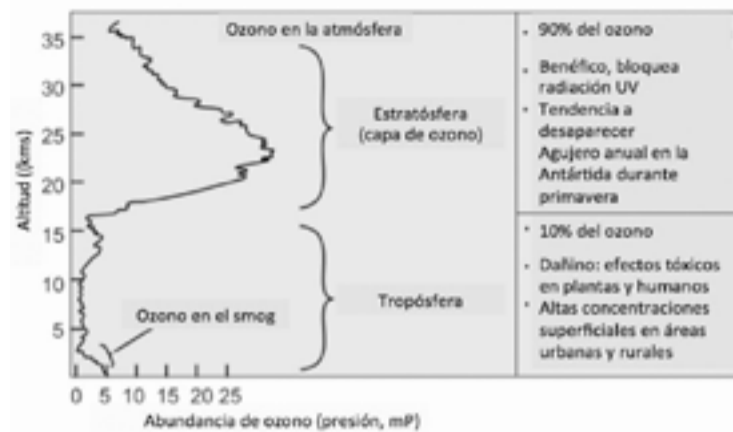
Al conocerse entre el público el plan de la Comisión Federal de Electricidad de instalar un centro de generación de corriente eléctrica en el oriente del estado de Morelos mediante plantas termoeléctricas de ciclo combinado (tres turbogeneradores de gas y uno de vapor), se publicaron diversas opiniones en cuanto a los beneficios y riesgos de tal centro generador. Pocas fueron las menciones sobre los riesgos no inmediatos, y aún menos, aquellas que lo relacionaban con el impacto que tendrá sobre la salud de la población en un futuro no muy lejano. En las líneas siguientes haré una descripción de dos de los principales gases tóxicos que se producen como consecuencia del funcionamiento de una planta termoeléctrica y sus consecuencias, tanto sobre la salud humana como sobre las actividades agrícolas. El bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), uno de varios óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), es un gas tóxico de color café rojizo, con un olor característicamente agudo, cáustico y penetrante, que ha sido calificado como contaminante prominente del aire.

Las principales fuentes de NO<sub>2</sub> son los motores de combustión interna, las plantas termo-eléctricas, las plantas productoras de celulosa y la quema de gas butano en estufas o calentadores. El aire que se requiere para la quema completa de estos combustibles introduce nitrógeno en las reacciones y produce óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). El NO<sub>2</sub> puede detectarse por su olor agrio y, de ser percibido, se debe actuar inmediatamente pues el gas anestesia la nariz y una sobre-exposición puede ser letal. Existen evidencias de que exposiciones mayores a concentraciones de 40 X 10<sup>-6</sup> gr/cm<sup>3</sup> (treinta millonésimas de gramo en cada centímetro cúbico) pueden disminuir la función pulmonar y aumentar el riesgo de afectaciones respiratorias.

El mapa (figura 1) muestra la densidad del NO<sub>2</sub> que tuvo la tropósfera durante 2011. En él se observa que este contaminante está presente en todos los continentes. Las concentraciones en algunos sitios rurales llegan a ser de 30 X 10<sup>-6</sup> gr/cm<sup>3</sup>. Una investigación publicada en 2005 por miembros de la Universidad de California (San Diego y Davis) concluyó que el síndrome de muerte infantil súbita (SMIS) puede estar relacionado con la exposición a altos niveles de NO<sub>2</sub> en exteriores [ver referencia 1 al final del texto].

## Relación entre el NO<sub>2</sub> y el O<sub>3</sub>

El NO<sub>2</sub> juega un papel importante en la química atmosférica, principalmente en la formación de ozono (O<sub>3</sub>) en la tropósfera (la capa natural de ozono se encuentra en la estratósfera). El O<sub>3</sub> es un gas de color azul pálido, ligeramente soluble en agua y con un fuerte olor que recuerda al cloro. La exposición a O<sub>3</sub> produce dolor de cabeza, ardor en los ojos e irritación de las vías respiratorias aunque se trate de concentraciones muy bajas (de una parte en 10 millones a una parte en un millón); su acción sobre materiales orgánicos como el látex, el plástico o el tejido pulmonar es muy destructivo. Existen amplias evidencias que muestran los efectos del O<sub>3</sub> en la función pulmonar y la severa irritación de las vías respiratorias [ref. 2]. La exposición al O<sub>3</sub> y los contaminantes que lo producen está ligada a muerte prematura, asma, bronquitis, ataques al corazón y algunos otros problemas cardiopulmonares [3]. Asimismo, existen pruebas de que la presencia de O<sub>3</sub> en la tropósfera reduce considerablemente las cosechas agrícolas ya que interfiere con la fotosíntesis y atrofia el crecimiento de algunas plantas [4]. Las consecuencias del fenómeno han obligado a la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos y a la Organización Mundial de la Salud a emitir reglamentos con propósito de reducir el daño a las cosechas, además de los reglamentos emitidos para proteger la salud humana [2]. La ciudad de México es un claro ejemplo que muestra concentraciones



2. Abundancia de ozono en la atmósfera como función de la altitud, expresada a través de su presión parcial.

nes elevadas de O<sub>3</sub>, producto de la reacción con NO<sub>2</sub>, con valores de hasta 1.25 partes en 10 millones, superando los límites establecidos por la Unión Europea (0.6 partes en 10 millones) y por la Organización Mundial de la Salud (0.51 partes en 10 millones) [4].

La figura 2 muestra la abundancia de O<sub>3</sub> a distintas alturas sobre la superficie terrestre, así como sus efectos.

Estudios recientes muestran que la contaminación por ozono en Europa causa cerca de 22,000 muertes al año, reducciones considerables en las cosechas agrícolas y pérdida de biodiversidad [5]. Es interesante en estos estudios [5] el que se analizan al mismo tiempo las abundancias del bióxido de nitrógeno y del isopreno (2-metil-1,3-butadieno) en la tropósfera. Éste último es uno de los compuestos orgánicos volátiles que se emiten en la biosfera a partir de actividades humanas y es el más importante en términos de masa y reactividad química, además de jugar un papel determinante en la formación de ozono en la tropósfera [6]. Su presencia en la atmósfera se debe, sobre todo, a la actividad agrícola. Para evitar 5,500 de las 22,000 muertes anuales atribuidas al ozono, es necesario continuar con programas como el llamado *Aire Limpio para Europa* [7], lo cual implica reducir drásticamente las emisiones de los precursores del ozono (NO<sub>2</sub> y compuestos orgánicos volátiles) y, en particular, no autorizar actividades que incrementen la emisión de isopreno, generado mayoritariamente al substituir cultivos tradicionales por árboles jóvenes a los que se corta el tronco para inducir la proliferación de vástagos que son destinados a la producción de agrocombustibles. Este problema es tan importante en la Unión Europea que sus ministros de energía y medio ambiente han propuesto eliminar totalmente la producción de agrocombustibles basados en la celulosa [8].

Con esta información en mente, cabe preguntarse respecto a los planes que la Comisión Federal de Electricidad tiene sobre la instalación de plantas termoeléctricas en

Huexca, zona poblada cuya actividad económica es eminentemente agrícola. ¿Se desperdiciará el conocimiento y las capacidades científicas con que cuentan las nuevas secretarías del estado de Morelos? ¿Se ha evaluado el gasto adicional- evitable- en salud que se necesitará en un futuro no muy lejano? ¿Se ignorará la opinión de la Secretaría de Salud del Estado? ¿Son suficientes las evidencias de las muertes adicionales y las pérdidas económicas que se causarán o se necesita adicionar algún otro argumento a los anteriormente expuestos?

No se trata de tener una visión nueva o vieja, se trata de tener la visión correcta, para que las generaciones actuales y futuras puedan gozar de la incommensurable riqueza de la salud.

## Referencias:

1. "Outdoor carbon monoxide, nitrogen dioxide, and sudden infant death

- syndrome", H. Klonoff-Cohen, P.K. Lam, A. Lewis *Archives of Disease in Childhood* 90(7), 750-3 (2005).
- "Long-term exposure to ozone increases risk of death", E. Wilson, *Chem. Eng. News* 87(11), p 9 (2009), DOI: 10.1021/cen-v087n011.p009a
- "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide", World Health Organization (WHO)-Europe, report 13-15 January 2003. Answer to follow-up questions from CAFE (2004)
- "Ozone nation: EPA standard panned by the people", B. Weinhold, *Environ. Health Perspect.* 116 (7): A302-A305 (2008), doi:10.1289/ehp.116-a302

4. "Rising Ozone Levels Pose Challenge to U.S. Soybean Production, *Scientists Say*", NASA Earth Observatory. 2003-07-31. "Statewide Potential Crop Yield Losses From Ozone Exposure" R. Mutters, California Air Resources Board (marzo 1999). Archived from the original on 2004-02-17.
5. "Impacts of biofuel cultivation on mortality and crop yields", K. Ashworth, O. Wild y C. N. Hewitt. *Nature Climate Change*, doi: 10.1038/nclimate1788, (enero 6, 2013).
6. "Ground-level ozone influenced by circadian control of isoprene emissions", C. N. Hewitt et al., *Nature Geoscience* (septiembre 25, 2011), doi: 10.1038/ngeo1271
7. "Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE)", M. Amann et al., Programme Final Report (Royal Society, 2005) p 65-66.
8. [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/10/17/actualidad/1350501699\\_922027.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/10/17/actualidad/1350501699_922027.html), <https://www.salvalselva.org/mailalert/908?ref=nl&mt=1530>

## CARTELERIA CINES

VIGENCIA: DEL VIERNES 05 AL JUEVES 11 DE ABRIL.

<b>DIANA</b>
TERAPIA DE RIESGO 18:20 / 22:55
LOS CROODS 11:40 / 13:50 / 15:55 / 20:45
LA REINA INFEL 21:15
LOS CROODS 12:15 / 14:25 / 16:30 / 18:45
GI JOE 2 ESP 12:30 / 14:45 / 17:25 / 19:50 / 22:20
LAZOS PERVERSOS 10:45 / 13:00 / 15:15 / 17:20 / 19:30 / 21:40
GI JOE 2 DIG ING 11:15 / 13:45 / 16:10 / 18:35 / 21:05 / 23:20
UN VIAJE FANTASTICO DIG 10:50
12 HORAS PARA VIVIR DIG 13:10 / 15:10 / 17:10 / 19:25 / 21:30
NOSOTROS LOS NOBLES 10:55 / 13:05 / 15:25 / 17:40 / 20:15 / 22:40
GI JOE 2 DIG ESP 11:45 / 14:15 / 16:45 / 19:15 / 21:50
LOS CROODS 3D 11:10 / 13:20
GI JOE 2 3D ESP 15:35 / 18:05 / 20:30 / 23:00
CIUDADANO BUELNA 11:20 / 13:40 / 16:00 / 18:20 / 20:40
POSESION INFERNAL (LOCK S12) 11:00 / 12:55 / 15:00 / 17:00 / 19:00 / 21:00 / 23:05
POSESION INFERNAL 16:00 / 18:00 / 20:00 / 22:00
JACK EL CAZAGIGANTES ESP 11:05 / 13:30
<b>JACARANDAS</b>
GI JOE 2 DIG ESP 10:45 / 12:55 / 15:05 / 17:15 / 19:25 / 21:45
LOS CROODS 3D 10:00 / 12:00
GI JOE 2 3D ESP 14:00 / 16:15 / 18:30 / 20:45 / 23:10
GI JOE 2 3D ESP 10:05 / 12:15 / 14:30 / 16:40 / 19:00 / 21:10
POSESION INFERNAL 10:25 / 12:25 / 14:25 / 16:25 / 18:25 / 20:25 / 22:25
NOSOTROS LOS NOBLES (LOCK S6) 10:00 / 12:20 / 14:40 / 17:00 / 19:20 / 21:40
LOS CROODS 11:10 / 13:20 / 15:30
NOSOTROS LOS NOBLES 18:10 / 20:30 / 22:50
LOS CROODS 10:10 / 12:10 / 14:20 / 16:30 / 18:40 / 20:50 / 23:00
12 HORAS PARA VIVIR 10:00 / 12:05 / 14:10 / 16:20 / 18:35 / 20:40 / 22:55
JACK EL CAZAGIGANTES ESP 10:35 / 12:50 / 15:10 / 17:25 / 19:45 / 22:00
OZ EL PODEROSO ESP 20:10 / 22:45
COPITO DE NIEVE 11:35 / 13:35 / 15:50 / 17:50
<b>CINEMEX CUAUTLA</b>
TERAPIA DE RIESGO 11:30 / 14:20 / 16:40 / 19:30 / 21:50
GI JOE 2 DIG ESP 10:40 / 13:05 / 15:20 / 17:40 / 20:00 / 22:20
LAZOS PERVERSOS 11:15 / 13:25 / 15:40 / 17:45 / 19:50 / 22:00
LOS CROODS 10:10 / 12:10 / 14:10 / 16:10 / 18:15 / 20:15 / 22:15
GI JOE 2 ESP 11:40 / 14:00 / 16:20 / 18:40 / 21:05 / 23:20
LOS CROODS 11:05 / 13:10 / 15:10 / 17:10 / 19:10 / 21:10 / 23:10
POSESION INFERNAL 11:00 / 13:00 / 15:00 / 17:05 / 19:00 / 21:00 / 23:00
LOS CROODS 3D 11:50 / 13:50
GI JOE 2 3D ESP 16:00 / 18:20 / 20:35 / 22:55
12 HORAS PARA VIVIR 10:50 / 12:50 / 14:50 / 16:50 / 18:50 / 20:50 / 23:15
OZ EL PODEROSO ESP 10:30 / 15:35
JACK EL CAZAGIGANTES ESP 13:15 / 18:25 / 20:40 / 23:05
NOSOTROS LOS NOBLES (LOCK S12) 10:00 / 12:20 / 14:40 / 17:00 / 19:20 / 21:40
NOSOTROS LOS NOBLES 11:10 / 13:30 / 15:50 / 18:10 / 20:30 / 22:50