



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

EL AGUJERITO SIN FIN

Página 12

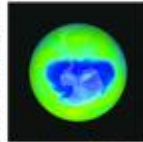
Sábado, 27 de enero de 2011

El agujerito sin fin

La cuestión del dióxido de carbono provocado por acción del hombre ha estado en el tapete durante, por lo menos, los últimos 20 años. Predicciones apocalípticas y visiones que minimizaban el problema abundaron alrededor de un tema ambiental que por sus implicaciones preocupó y preocupa a los científicos del mundo. Llegado el verano, resulta un buen momento para repasar el estado de la cuestión.

Por Jorge Fueno

En el año 2005, una exposición al sol de tan sólo cinco minutos quemaría implacablemente la piel humana. El anuncio parecía presagiar no sólo laboratorios desérticos y el fin de los bronceados perfectos, sino también un catastrófico ambiental de proporciones, en la que no podría llevarse a cabo la mayoría de los procesos biológicos que dependen de la radiación solar. Por suerte esta profecía está en camino a incumplirse, y en términos estrictos, ni siquiera es una profecía. Más bien, se trata de un escenario probabilístico que fue dibujado en 2001 por la NASA. La apocalíptica proyección fue construida en base a modelos computacionales que intentan reflejar lo que pudo ocurrir si desde el año 1967 buena parte de las naciones del mundo no hubieran acordado controlar la liberación de aerosoles que afectan la concentración de ozono atmosférico.



Modelos computacionales que adquieren una gran resonancia si, como en este caso, se aplican a alguna de las predicciones ambientales más recurrentes de la humanidad, por ejemplo, el calentamiento globalmente reconocido como agujero de ozono, y que pueden servir de argumento para historias contrafácticas dignas de tapicerías policacas de Hollywood, pero que son de difícil comprobación real.

En realidad, el agujero protagonista de esta historia no es un agujero propiamente dicho. La cuestión, descubierta a principios de los años 80, consiste en una disminución del contenido y espesor de la capa de ozono de la estratosfera. El fenómeno es particularmente visible en las regiones polares y más fuerte en la

REFERENCIA: 2JCG9

Los desafíos ambientales

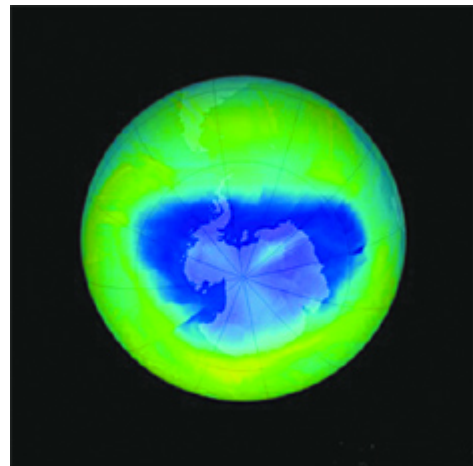
Sábado, 22 de enero de 2011

El agujerito sin fin

La cuestión del daño a la capa de ozono provocado por acción del hombre ha estado en el tapete durante, por lo menos, los últimos 20 años. Pronósticos apocalípticos y visiones que minimizaban el problema abundaron alrededor de un tema ambiental que por sus implicancias preocupó y preocupa a los científicos del mundo. Llegado el verano, resulta un buen momento para repasar el estado de la cuestión.

Por Jorge Forno

En el año 2065, una exposición al sol de tan sólo cinco minutos quemaría implacablemente la piel humana. El anuncio parecía presagiar no sólo balnearios desiertos y el fin de los bronceados perfectos, sino también una catástrofe ambiental de proporciones, en la que no podrían llevarse a cabo la mayoría de los procesos biológicos que dependen de la radiación solar. Por suerte esta profecía está en camino a incumplirse, y en términos estrictos, ni siquiera es una profecía. Más bien, se trata de un escenario probabilístico que fue difundido en 2009 por la NASA. La apocalíptica proyección fue construida en base a modelos computacionales que intentan reflejar lo que pudo ocurrir si desde el año 1987 buena parte de las naciones del mundo no hubieran acordado controlar la liberación de aerosoles que afectan la concentración de ozono atmosférico.



Modelos computacionales que adquieren una gran resonancia si, como en este caso, se aplican a alguna de las pesadillas ambientales más recientes de la Humanidad, por ejemplo, el fenómeno popularmente conocido como agujero de ozono, y que pueden servir de argumento para historias contrafácticas dignas de taquilleras películas de Hollywood, pero que son de difícil comprobación real.

En realidad, el agujero protagonista de esta historia no es un agujero propiamente dicho. La cuestión, descubierta a principio de los años '80, consiste en una disminución del contenido y espesor de la capa de ozono de la estratosfera. El fenómeno es particularmente visible en las regiones polares y más fuerte en la

región antártica, y está estrechamente relacionado con la intensidad de radiaciones ultravioletas que llegan a la superficie terrestre.

EL OLOR DE LA MATERIA ELECTRICA

Aclaremos de qué hablamos cuando hablamos del ozono. El saber popular y el tango nos dicen que madre hay una sola, pero moléculas de oxígeno --llamadas formas aloméricas en la jerga química-- hay dos. Una de las formas está constituida por dos átomos del elemento oxígeno, representada por los químicos como O₂, conocida como dióxígeno o simplemente oxígeno molecular; y otra menos familiar constituida por tres átomos, O₃, llamada ozono.

El ozono es un viejo conocido de los científicos ya que se lo descubrió en los albores de la química moderna. En esos tiempos la teoría del flogisto --un hipotético y enigmático principio inflamable que tuvo sus tiempo de gloria en los siglos XVII y XVIII-- gozaba todavía de relativa buena salud, aunque jaqueada por los embates de Lavoisier y sus experimentos, que con el tiempo llevarían al flogisto al arcón de los elementos que no fueron. El holandés Martinus van Marum fue quien tuvo el incómodo honor de encontrar, durante unas pruebas en las que distintos gases eran sometidos a intensas corrientes eléctricas, un producto de aroma muy particular por lo picante y desagradable, al que consideró como "el olor de la materia eléctrica". Con los años, van Marum, un defensor de la teoría del flogisto --teoría en la que enmarcaba sus investigaciones-- se convirtió al bando de las ideas de Lavoisier y con la fe de los conversos la emprendió con trabajos en el campo de la química moderna. En ese nuevo terreno, el gas que provocaba el olor de la materia eléctrica recibiría su tardío bautismo. Cinco décadas después de los experimentos de van Marum, fue el científico alemán Christian Schönbein quien en tiempos de efervescencia de la ciencia química se topó con el indisimulable olor del gas y le dio su nombre --derivado de un término griego que significa precisamente oler--, además de analizar otras de sus características.

REMONTANDOSE A LA ESTRATOSFERA

El ozono tiene la propiedad de absorber radiaciones ultravioletas con buen grado de selectividad. La estratosfera, una capa de la atmósfera que abarca desde los 15 a los 40 kilómetros de altitud, es el lugar en el cual se encuentra nada menos que el 90 por ciento del ozono atmosférico. Allí, nuestro aromático conocido se encarga de filtrar casi todas las radiaciones ultravioletas de alta frecuencia pero permite el paso de otras radiaciones ultravioletas que llegan a la superficie y son fundamentales para la vida ya que permiten --vaya detalle-- fenómenos biológicos como la fotosíntesis vegetal.

El adelgazamiento de la capa de ozono trae como consecuencia el aumento de las radiaciones solares que llegan a la superficie de la Tierra. El planeta recibe naturalmente radiaciones ultravioletas de las formas UV-C, UV-B y UV-A. La radiación UV-C es la más dañina para las personas, pero --afortunadamente para los humanos-- no llega a la Tierra al ser absorbida por el oxígeno y el ozono de la atmósfera. La radiación UV-B es en gran parte absorbida por el ozono y sólo llega a la superficie de la Tierra en una cantidad mínima. Esta radiación se las trae: puede

provocar un surtido de daños en la piel humana que incluyen el cáncer de piel, envejecimiento, irritación, arrugas, manchas o pérdida de elasticidad y otras patologías como el lupus eritematoso sistémico.

Pero el ozono, el héroe de la estratosfera, juega también un papel menos conocido. Es el malo de la película cuando de la troposfera –la capa más baja de la atmósfera– se trata. En esa región se concentra aproximadamente el 10 por ciento del ozono de la atmósfera y el gas actúa como un contaminante de primer orden, en especial como “smog” fotoquímico, aportando su granito de arena al “efecto invernadero”.

El ozono atmosférico se forma a partir del oxígeno molecular por efecto de la radiación ultravioleta solar en una reacción reversible que requiere condiciones específicas de presión y temperatura para estabilizarse. Nada es para siempre, y menos cuando de química se trata: debido a la presencia de otros componentes químicos, el ozono vuelve a su estado natural, el oxígeno y luego, el oxígeno se convierte de nuevo en ozono, en una dinámica continua de formación y destrucción de estos compuestos. Un auténtico equilibrio natural que puede ser alterado cuando las actividades humanas aumentan la concentración en la estratosfera de compuestos como los clorofluorcarbonados (CFC) o hidrocarburos que contienen bromo.

ENEMIGOS INTIMOS

En 1987, en base a una campaña de mediciones aéreas impulsadas por la NASA, se consideró demostrado el papel que los CFC de origen antropogénico tenían en la destrucción del ozono. Estos compuestos abundaban en las formulaciones de refrigerantes, aislantes, solventes y tenían un papel fundamental en algunas tecnologías de creciente impacto como la de semiconductores. Para reducir su uso se firmaron convenios internacionales como el Protocolo de Montreal. Sin embargo, la vigencia de los acuerdos está matizada por pequeñas y preocupantes excepciones: algunas potencias mundiales no se privaron de utilizar los CFC en la industria bélica formando parte de los refrigerantes de sofisticados sistemas misilísticos, en conflictos como la Guerra del Golfo.

Los clorofluorcarbonados tienen la poco amigable cualidad de favorecer la transformación del ozono estratosférico en oxígeno. Pero no son los únicos agresores del vapuleado ozono de la estratosfera que han sido originados por las actividades humanas. Los óxidos de nitrógeno provenientes del incesante crecimiento de la actividad agrícola, los constituyentes del ciclo del carbono y los compuestos hidrogenados, se combinan con los derivados del cloro y del bromo para atentar contra la precaria estabilidad de la capa de ozono y su proceso natural de regeneración. Tanta preocupación ha generado el problema de la preservación de la capa de ozono que hasta tiene su día internacional propio: la Asamblea General de las Naciones Unidas lo instituyó el 16 de septiembre de 1994.

EL CLIMA TAMBIEN HACE LO SUYO

En la actualidad se acepta que la destrucción masiva del ozono en la primavera antártica ocurre en estrecha relación con las condiciones meteorológicas

particularmente frías de la estratosfera polar en invierno y el aumento de los constituyentes clorados, fluorados y bromados como consecuencia de las actividades humanas. Y la química se mete en las relaciones Norte-Sur. Aunque es en el Hemisferio Norte donde se producen la mayoría de las actividades industriales contaminantes, la disminución de la capa de ozono afecta principalmente a la región polar del Hemisferio Sur. En la Antártida, durante el mes de octubre el contenido integral de ozono disminuye marcadamente, desapareciendo de manera casi completa en altitudes de 12 a 20 kilómetros. Pero además, en la primavera polar hay un desplazamiento del famoso agujero hacia las regiones pobladas de América del Sur y Oceanía.

EL SOL SIEMPRE ESTA

Muchas afirmaciones tremendistas no tuvieron en cuenta una cuestión que parece más que obvia. La cantidad de radiación que llega a la superficie de la Tierra depende, ante todo, de la cantidad de radiación emitida por el sol. Esa radiación varía en cada uno de los ciclos solares y aumenta o disminuye su intensidad por factores muy ajenos a la acción del hombre. Además, por su elevada inestabilidad, la concentración de moléculas estratosféricas de ozono es afectada por aquellos ciclos. Cuando el ciclo solar es de alta radiación, la destrucción del ozono es muy marcada, sobre todo en las regiones cercanas a la línea ecuatorial. Un ciclo de radiación en alza se observó desde fines de los '80, en coincidencia con el adelgazamiento de la capa de ozono. Es posible que la actual estabilización de la capa de ozono se deba en parte al ciclo de declive de la radiación solar, que se da desde los primeros años del siglo.

NO SOLO CULPA DEL HOMBRE

Ya sea porque los acuerdos internacionales para la reducción de los CFC dieron sus frutos, porque el papel de la contaminación provocada por el hombre no tenía el peso esperado en el equilibrio natural del ozono atmosférico, por la acción de las radiaciones solares, o por todas estas causas combinadas, lo cierto es que el deterioro de la capa de ozono parece haberse detenido. La toma de conciencia a nivel global acerca del problema de la capa de ozono ha sido importante, así como las acciones conjuntas llevadas a cabo a nivel internacional. Pero, como vemos, es muy difícil estimar cuánta responsabilidad tienen las acciones humanas en este asunto tan complejo, más allá de los autofesteados logros del Protocolo de Montreal y la NASA. En 2010, tanto fuentes de la agencia espacial estadounidense como estudios realizados por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) mostraron que la capa de ozono ha permanecido estable durante casi 10 años. Un hecho que desmiente muchas afirmaciones extremas efectuadas en base a un uso poco cauteloso de conocimientos que la ciencia ha adquirido en los últimos tres siglos. Tres siglos es mucho para nuestra historia, pero un suspiro para la historia de la Tierra, que en millones de años ha sabido adquirir una dinámica propia, muy difícil de comprender y modificar por el frágil y efímero homo sapiens.



Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Ficha de catalogación

Título:	El agujerito sin fin	
Autor:	Jorge Forno	
Fuente:	<i>Página 12</i> (Argentina)	
Resumen:	<p>La importancia de la capa de ozono para protegernos de las radiaciones ultravioletas es comparable con el temor que han despertado en las últimas décadas las noticias sobre la aparición de daños en ella. Hace tiempo que los compuestos clorofluorcarbonados fueron identificados como los principales responsables del creciente agujero en la capa de ozono, lo que permitió que, por una vez, los acuerdos internacionales logaran controlar sus emisiones. La situación de la capa de ozono parece ser ahora menos preocupante, pero sigue siendo importante conocer el papel que tiene el ozono atmosférico en los delicados equilibrios globales que permiten la vida en el planeta.</p>	
Fecha de publicación:	23/01/11	
Formato	<input type="checkbox"/>	Noticia
	<input checked="" type="checkbox"/>	Reportaje
	<input type="checkbox"/>	Entrevista
	<input type="checkbox"/>	Artículo de opinión
Contenedor:	<input type="checkbox"/>	1. Los retos de la salud y la alimentación
	<input checked="" type="checkbox"/>	2. Los desafíos ambientales
	<input type="checkbox"/>	3. Las nuevas fronteras de la materia y la energía
	<input type="checkbox"/>	4. La conquista del espacio
	<input type="checkbox"/>	5. El hábitat humano
	<input type="checkbox"/>	6. La sociedad digital
	<input type="checkbox"/>	7. Otros temas de cultura científica
Referencia:	2JCG9	



Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica
Actividades para el alumnado

1. Señala cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas teniendo en cuenta lo que se dice en el texto sobre la capa de ozono:

1. En el año 2065 una exposición al sol de tan sólo cinco minutos quemará la piel humana.	V	F
2. En 1987 buena parte de los países del mundo acordaron controlar las emisiones que afectan a la concentración de ozono atmosférico.	V	F
3. Hay dos tipos de moléculas de oxígeno, la constituida por dos átomos y la constituida por tres. La primera es el ozono.	V	F
4. Martinus van Marum fue quien encontró el ozono sometiendo a gases a intensas corrientes eléctricas.	V	F
5. El nombre del ozono está relacionado con su olor.	V	F
6. Todo el ozono atmosférico está en la estratosfera.	V	F
7. El ozono impide el paso a la superficie terrestre de todas las radiaciones ultravioletas.	V	F
8. Desde 1987 se sabe que los clorofluorcarbonados favorecen la transformación del ozono atmosférico en oxígeno.	V	F
9. La capa de ozono disminuye en la zona antártica durante la primavera. Esta disminución está relacionada con las condiciones meteorológicas del invierno polar y con determinadas actividades humanas.	V	F
10. La estabilización de la capa de ozono en los últimos años se debe únicamente al control que se viene haciendo sobre las actividades humanas.	V	F

2. ¿Qué es el ozono? ¿A qué huele? ¿Cómo fue descubierto? ¿Qué relación hay entre su olor, su nombre y la forma en que fue descubierto?

3. ¿Qué propiedades tiene el ozono atmosférico? ¿Qué efectos podría tener el deterioro de la capa de ozono?

4. ¿Hay alguna relación entre la capa de ozono y el cambio climático?

5. Busca información sobre las variaciones que ha habido en la capa de ozono, especialmente en la región antártica. ¿Qué efecto han tenido en esas variaciones las actividades y decisiones humanas en las últimas décadas?

6. Busca información sobre el Protocolo de Montreal y sus efectos. Compara esa información con los resultados de otros acuerdos internacionales orientados a limitar las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

7. ¿Era exagerado el escenario probabilístico para el año 2065 difundido por la NASA en 2009 sobre los efectos del deterioro del ozono atmosférico? ¿Contribuyen esos mensajes a tomar las decisiones para evitar esos riesgos?

8. ¿Qué relación puede haber entre las variaciones en las radiaciones solares y las de la capa de ozono? ¿Deberían volver a utilizarse los CFC si se demostrara que hay una estrecha relación entre los cambios en la capa de ozono y las variaciones en las radiaciones solares?

9. Sobre cada frase de la siguiente quiniela señala tu postura de acuerdo, desacuerdo o duda. Selecciona dos o tres frases de la quiniela que te parezcan destacables (estés o no de acuerdo con lo que dicen) y redacta un comentario sobre ellas.

Quiniela sobre la capa de ozono			
1. Utilizar aerosoles en espacios cerrados no tiene efectos sobre la reducción del ozono atmosférico.	1	X	2
2. Si la capa de ozono está en buen estado no hay riesgos para la salud por tomar el sol en verano.	1	X	2
3. Las emisiones de CO ₂ hacen que aumente el agujero en la capa de ozono.	1	X	2
4. Cuando se cierre por completo el agujero en la capa de ozono dejará de haber efecto invernadero.	1	X	2
5. El agujero en la capa de ozono crecía en las zonas del planeta donde eran mayores las emisiones de CFC.	1	X	2
6. Todas las radiaciones solares son perjudiciales para la vida en el planeta.	1	X	2
7. La luz procedente del sol es la causante de muchos daños en la piel.	1	X	2
8. Acordar que se reduzcan las emisiones de CO ₂ no es tan fácil como prohibir las emisiones de CFC.	1	X	2
9. El planeta es un sistema muy estable que sólo ha sufrido alteraciones por la actividad de los seres humanos.	1	X	2
10. Quienes viven en el hemisferio Norte deben preocuparse también por lo que sucede en la Antártida.	1	X	2

1: De acuerdo; **X:** En duda; **2:** En desacuerdo



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica
Sugerencias para el profesorado

- De entre las actividades propuestas conviene elegir cuáles se adaptan mejor al grupo y a sus intereses. En todo caso, antes de proponer la realización de las actividades se recomienda una lectura atenta del texto.

- La actividad 1 facilita el análisis del contenido del texto. Su revisión permitirá aclararlo y resolver posibles dudas. Las actividades 2 y 3 proponen indagar sobre diversos aspectos relacionados con el ozono. La actividad 4 plantea si existe relación entre el deterioro de la capa de ozono y el cambio climático. La actividad 5 propone buscar información histórica sobre los cambios en la capa de ozono, mientras que la 6 se centra en los acuerdos internacionales sobre su control y las diferencias entre esos acuerdos y los relacionados con el control de las emisiones de CO₂. La actividad 7 propone valorar la pertinencia de mensajes prospectivos que enfatizan los riesgos ambientales. La actividad 8 se centra en la posible relación entre los cambios en la capa de ozono y la actividad del Sol, proponiendo valorar si esa eventual relación debería llevar a relajar las decisiones sobre el control de determinadas actividades humanas. La actividad 9 plantea cuestiones valorativas que pueden generar cierta controversia en relación con este tema.

- Aunque las actividades propuestas están redactadas para ser realizadas individualmente, varias de ellas son especialmente propicias para ser desarrolladas en equipo o incluso en debate abierto con toda la clase. Es especialmente interesante, en este sentido, compartir los trabajos sobre las actividades 5 y 6.

- Podría ser oportuno registrar algunos de los comentarios y las respuestas que aparecen en el aula en torno a las actividades 5, 6 y 7. Tales apreciaciones pueden ser útiles para entender las percepciones que los jóvenes tienen sobre las diferencias entre los problemas globales relacionados con el cambio climático y la capa de ozono, las interpretaciones que hacen sobre la efectividad de las decisiones internacionales sobre temas ambientales de alcance global o sobre algunos de los asuntos que se plantean en la quiniela de la última actividad.