Las polémicas científicas en la formación docente

Agustín Rela
Claudia Caballero

Las polémicas científicas en la formación docente

Ocho casos actuales, con propuestas de tratamiento en el aula

Colección En las aulas
Serie Grandes temas

Lugar Editorial

Agustín Rela
Las polémicas científicas en la formación docente : ocho casos, con propuestas de tratamiento en el aula / Agustín Rela y Claudia Caballero. - 1a ed. - Buenos Aires : Lugar Editorial, 2013.
136 p. ; 23x16 cm.
ISBN 978-950-892-427-8
1. Educación. I. Caballero, Claudia
CDD 370

Directoras de colección: Silvia Hurrell y Cecilia Tanoni
Edición: Mónica Erlich
Diseño de tapa e interior: Silvia C. Suárez

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro, en forma idéntica o modificada y por cualquier medio o procedimiento, sea mecánico, informático, de grabación o fotocopia, sin autorización de los editores.

ISBN: 978-950-892-427-8
© 2013 Lugar Editorial S. A.
Castro Barros 1754 (C1237ABN) Buenos Aires
Tel/Fax: (54-11) 4921-5174 / (54-11) 4924-1555
E-mail: lugar@lugareditorial.com.ar / info@lugareditorial.com.ar
www.lugareditorial.com.ar
facebook.com/lugareditorial

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en la Argentina – Printed in Argentina

Prólogo

Los autores

Las discusiones de científicos y especialistas y las del periodismo y el público son de interés para los docentes en formación y en ejercicio y también para sus alumnos actuales o futuros, tanto por la ayuda que representan esas polémicas en el estudio de las ciencias básicas como por sus lazos con la problemática social y política contemporánea. En esta obra se citan fuentes, se resumen discusiones, se proponen formas de tratamiento de los temas en clase y se reúnen varios aportes de las polémicas científicas y sociales a la formación docente y a la enseñanza de las Ciencias Naturales.

A diferencia de numerosas y muy buenas publicaciones científicas y escolares nos hemos propuesto incluir visiones variadas y, hasta opuestas, de cada tema, las que reflejan polémicas que abarcan el campo de los especialistas, el político, incluso el de los medios de información y la opinión pública. La práctica pedagógica muestra que hay manera de abordar las discusiones con respeto y seriedad científica, en contra de cuidadosas prácticas elusivas que no solo disminuyen el interés y el valor de las ideas sino que ni siquiera representan un resguardo contra posibles conflictos.

Aunque damos aquí, en algunos casos, nuestras opiniones personales sobre los temas polémicos expuestos –especialmente cuando existe un acuerdo generalizado de la comunidad científica al que se enfrentan posiciones de grupos divergentes escasamente informados– nos manifestamos a la vez en contra de la pretensión de forjar ideas definitivas en los alumnos y alumnas, no solo porque estarían sujetas, de todos modos, a los veloces cambios científicos, políticos y sociales que se viven sino especialmente por el efecto paralizante que tienen sobre el aprendizaje. En cambio, hemos buscado un enfoque científico, tecnológico, social y cultural –el de los llamados contenidos CTS– en procura de la profundización del conocimiento y el desarrollo de la responsabilidad. Creemos que las discusiones sirven de base

para la profundización del estudio, la búsqueda de fuentes independientes de información, el desarrollo del espíritu crítico, la convivencia con personas que profesan diferentes creencias y opiniones, las decisiones ciudadanas responsables, el voto fundado y el saber creativo en favor del interés comunitario.

Al escribir este libro pensamos en profesores y profesoras en formación –esto abarca, naturalmente, a todos los docentes, también a los que se encuentran en ejercicio– de todos los niveles, especialmente los de la enseñanza media y la elemental. Indirectamente, a través de las actividades sugeridas, se pretende llegar también a los estudiantes. Y no se descarta que la obra interese, por su carácter polémico, a un público curioso ajeno a la docencia.

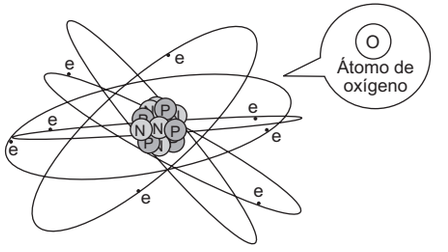
Agustín Rela - Claudia Caballero

1. Adelgazamiento de la capa de ozono

Desde 1970 se observa con preocupación el debilitamiento progresivo de la capa de ozono que forma parte natural de la atmósfera y protege la superficie terrestre de la radiación ultravioleta proveniente del Sol. Esos rayos, en grandes dosis, dañan la salud humana, animal y vegetal. Se cree que el efecto proviene de ciertos gases de refrigeración y productos en aerosol; pero hay científicos que señalan otras posibles causas, entre ellas la actividad volcánica. El tema es motivo de polémica, ya que las medidas preventivas tienen un costo considerable que muchos países, entre ellos el nuestro, aceptan con reservas.

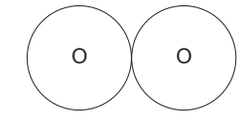
El ozono y su relación con el oxígeno

La palabra oxígeno tiene varios significados; uno de ellos es el del elemento químico de ese nombre, cuyos átomos están formados, cada uno, por 8 protones, 8 neutrones y 8 electrones[1].

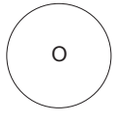


Representación del elemento químico oxígeno u O^{16}, compuesto por 8 protones, 8 neutrones y 8 electrones. Su *número másico* (cantidad conjunta de protones y neutrones) es 16, muy cercano a su masa relativa, que vale 15,99491461956. (La masa relativa del carbono 12 es, por convención, exactamente igual a 12.)

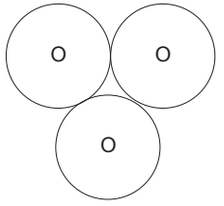
1. Hay variantes de ese elemento que difieren en la cantidad de neutrones. Sus propiedades químicas son casi idénticas a las del oxígeno común, por lo que se los ubica en la misma casilla de la tabla periódica de elementos. Son los isótopos de número másico que va de 12 a 28. Isótopo significa, en griego, *en el mismo lugar*. Los protones tienen carga positiva; los electrones, negativa y los neutrones carecen de carga eléctrica. En un átomo neutro hay un electrón por cada protón. En un átomo ionizado o bien sobra o bien falta un electrón o más de uno.



Sustancia oxígeno también llamada oxígeno diatómico



Sustancia oxígeno monoatómico



Oxígeno triatómico u ozono

Otro significado de la palabra oxígeno es el de la sustancia química cuyas moléculas están compuestas por dos átomos del elemento oxígeno cada una. También se la llama, para mayor precisión, *oxígeno diatómico*.

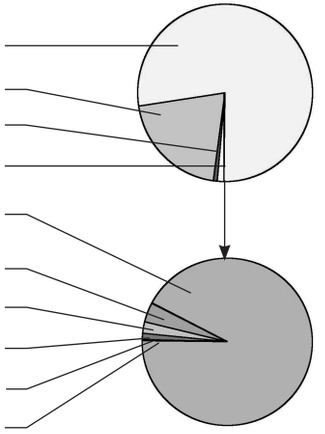
Una segunda sustancia es el *oxígeno atómico*, cuyas moléculas están compuestas, cada una, por un solo átomo del elemento químico oxígeno. Y finalmente, existe una tercera sustancia relacionada con el mismo elemento químico, cuyas moléculas están constituidas por tres átomos de oxígeno cada una. Esa sustancia es el ozono (del griego *ózein*, oloroso) también llamada oxígeno triatómico. Las posibles confusiones con esta terminología provienen del hecho de que usamos la misma palabra para designar el elemento químico y las sustancias a que da lugar ese elemento u átomo, en sus tres posibles agrupaciones: el átomo solo, átomos agrupados de a dos, y átomos agrupados de a tres. (Las diferentes agrupaciones a que da lugar un mismo elemento químico se llaman *alótropos*.)

De las nombradas, la sustancia más estable es el oxígeno diatómico. Las otras (el oxígeno monoatómico y el triatómico) son inestables, las moléculas de oxígeno monoatómico tienden a unirse y formar oxígeno diatómico, y las moléculas de O_3 se desarman con facilidad en moléculas de O_2 y de O_1.

Composición de la atmósfera terrestre

La cantidad de vapor de agua presente en el aire es muy variable con el clima, por eso, en la tabla que sigue las fracciones se expresan sobre el total de aire seco. *Ppm* significa partes por millón[2]. Para mejor apreciación se amplía la parte de los gases minoritarios que forman cerca de 500 ppm (0,05 %) de la atmósfera actual.

Gas	%	ppm
nitrógeno	78,08	780.000
oxígeno	20,95	209.500
vapor de agua	1	10.000
argón	0,93	9340
dióxido de carbono	0,046	460
neón	0,00182	18,2
ozono	0,00116	11,6
helio	0,000524	5,24
kriptón	0,000114	1,14
hidrógeno	0,00005	0,5



El espesor atmosférico en los gráficos

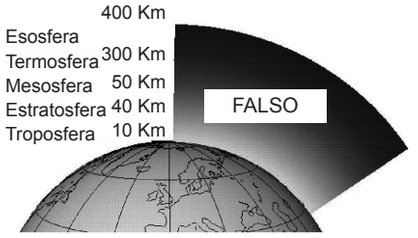
La representación gráfica de la atmósfera tiene dos reconocidas dificultades, una es que no termina abruptamente a determinada altitud sino que se desvanece paulatinamente con la altura. El segundo problema es que su espesor es pequeño en relación con el tamaño de la Tierra, entonces en una figura, y cuando se la dibuja en escala real, no se la percibe.

Muchos libros escolares y de divulgación –casi todos– exageran diez o veinte veces el espesor atmosférico, lo que arroja una idea errada del volumen atmosférico que va en contra del cuidado ambiental, puesto que cuidaríamos más el aire si lo supiéramos mucho más escaso que lo imaginado al comienzo. (Alcanza con viajar en avión para dejar abajo la mitad de la masa de la atmósfera).

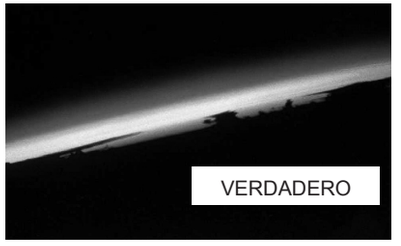
Si representáramos la Tierra con una esfera de un metro de diámetro, la atmósfera sería una capa de un milímetro de grosor. En

2. Similarmente, con ppb se simbolizan las partes por cada mil millones. La *b* significa *billion*, en inglés estadounidense mil millones o millardo. (En inglés británico, sin embargo, *billion* significa billón.) La semejanza fonética entre *billion* y billón es fuente de confusiones en el ambiente periodístico, donde la traducción casi siempre yerra en un factor mil. Ese difundido error se tolera ampliamente, ya que gran parte del público suele tomar posición a partir de sentimientos o sensaciones, y no del análisis de datos.

un globo terráqueo de escritorio, la atmósfera equivale al espesor de una cartulina apoyada sobre la esfera. El espesor atmosférico se equipara, en escala, al de la pelusa de un durazno. Este hecho, alejado de las representaciones habituales, sorprende a muchos, y por eso lo comentamos.

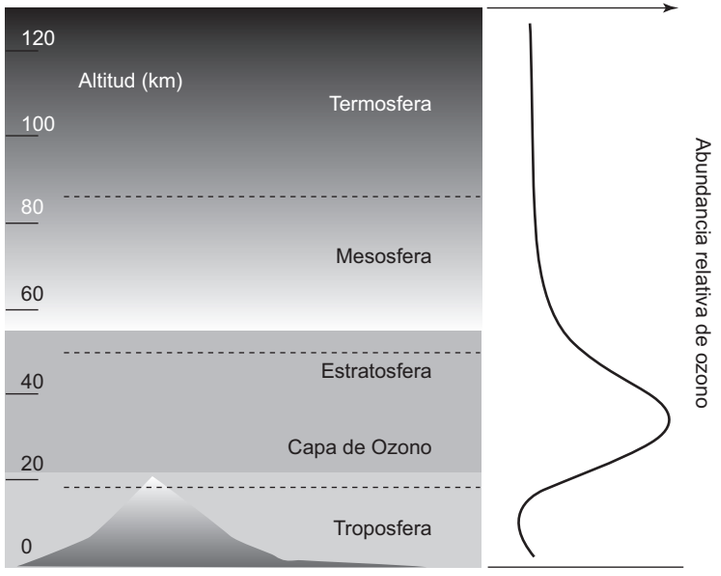


Representación habitual de la atmósfera terrestre, como si tuviera un espesor semejante al radio de la Tierra. (Por fortuna algunos autores aclaran que la representación se encuentra fuera de escala).



Una fotografía satelital, en la que apenas se aprecia la curvatura del planeta.

Ubicación de la capa de ozono



La mayor abundancia de ozono está en la estratosfera, a unos 30 kilómetros de altitud, mezclado con los demás gases del aire, a una presión total de 0,0001 atmósferas o 10 pascales. (La presión al nivel del mar es de 101.300 pascales).

Si la distribución del ozono fuera uniforme en la atmósfera, su presión parcial sería de un pascal al nivel del mar y de 0,0001 pascales a 30 km de altitud. Pero como a esa altura el ozono es más abundante, su presión parcial es ahí diez veces mayor. Cerca del suelo se observa una mayor proporción de ozono que a 10 kilómetros de altura, eso obedece a la contaminación industrial que proviene de la quema de petróleo.

Aunque el ozono abunda en las regiones altas de la atmósfera, donde la radiación solar tiene efectos ionizantes y crea esas moléculas a partir del O_2, se lo encuentra también al nivel del mar, originado por las descargas eléctricas de las tormentas[3].

Unidades Dobson

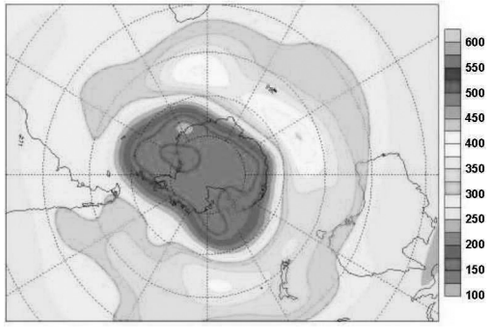
Si todo el ozono atmosférico se purificase y se comprimiese a la presión atmosférica normal del nivel del mar y a 0 grado Celsius, formaría una capa de unos 3 milímetros o de 300 *unidades Dobson*. 1 unidad Dobson (uD) equivale entonces a 10 micrones de espesor de ozono puro a 1013 hectopascales y a 0 grado centígrado. El nivel normal de ozono, desde hace al menos 1000 millones de años, y quizá desde el triple de ese tiempo, ha sido hasta hace pocos años de 300 unidades o más.

Adelgazamiento

En 1985 varios científicos británicos informaron que el espesor de la capa de ozono antártica, que normalmente era de 300 unidades Dobson, había descendido a 220. El fenómeno despertó preocupación en ambientes científicos y políticos de todo el mundo, porque a pesar de que se notó por primera vez en zonas deshabitadas, se detectaron

3. El llamado olor a tierra mojada que se percibe en las tormentas es, en realidad, el del gas ozono generado por las descargas eléctricas. Notamos un olor semejante en algunos baños en los que instalan aparatos ozonizadores para desinfectar el aire, ya que el ozono es un gran bactericida. La exposición a ese gas durante tiempo prolongado puede dañar la salud.

niveles peligrosos de radiación ultravioleta en localidades pobladas cercanas a los polos. El exceso de radiación ultravioleta puede causar quemaduras y cáncer de piel, cataratas oculares, y una alteración de la vida vegetal terrestre y de la marina de superficie.



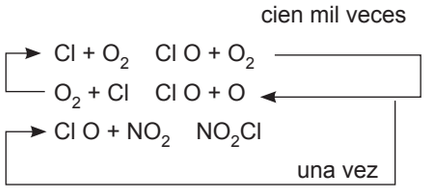
Mapa de concentraciones de ozono en la zona antártica, en falso color, en unidades Dobson, trazado en septiembre de 2006 cuando la disminución de ese gas afectó localidades sureñas de la Argentina, sudáfrica y Australia. A partir del polo (paralelo 90) se ven los paralelos 75, 60, 45, 30 y 15.

Actualmente se cree que la escasez de ozono obedece a los desechos de la industria de la refrigeración y del uso de productos en aerosol[4]. En ambos casos se emplean clorofluorocarburos (CFC), una familia de gases (entre los que se cuenta el freón) que se licuan con facilidad bajo presiones no demasiado altas, lo que resulta útil para usarlos como gases refrigerantes y propelentes. Los CFC son muy estables e inertes, nada venenosos y hasta ahora parecía que no eran contaminantes. Pero cuando llegan a las capas atmosféricas altas, los fotones de radiación ultravioleta provenientes del Sol disocian sus moléculas y liberan los átomos de cloro que actúan sobre el ozono para formar óxido de cloro y oxígeno diatómico ordinario.

El óxido de cloro toma, a su vez, oxígeno monoatómico. Como resultado de esa reacción surge oxígeno diatómico y queda el átomo de cloro libre original listo para reiterar unas cien mil veces su acción destructiva:

4. **Aerosol**. (Del fr. aérosol). 1. m. Suspensión de partículas ultramicroscópicas de sólidos o líquidos en el aire u otro gas. 2. m. Sistema coloidal obtenido por dispersión de sustancias sólidas o líquidas en el seno de un gas. 3. m. Líquido que, almacenado bajo presión, puede ser lanzado al exterior en forma de aerosol. Se emplea mucho en perfumería, farmacia, pintura, etc. 4. m. Recipiente que contiene este líquido (Real Academia Española).

El ciclo finaliza cuando por casualidad el cloro es encarcelado por una molécula de dióxido nitroso que fabrica con él nitrato de cloro estable.



La probabilidad de que un átomo de cloro destruya una molécula de ozono es cien mil veces mayor que la de que lo capturen.

La disminución de la proporción de ozono en la atmósfera hace que aumente la radiación ultravioleta que recibimos al nivel del suelo. La radiación UV es altamente ionizante: arranca los electrones a los átomos y desarma las moléculas, entre ellas las que llevan la información nuclear de las células. Las quemaduras de sol no se producen por aumento de la temperatura, como sucedería con las de agua caliente; en cambio los rayos alteran o destruyen los núcleos de las células, que caen muertas a las dos semanas o degeneran en tejidos cancerosos.

Nuestra cultura popular considera saludable el tono arrebatado de la piel expuesta excesivamente al sol, así como normal su descamación, pero se trata de verdaderas enfermedades agudas. La exposición al sol debe ser gradual, para dar tiempo a que la piel se defienda con la generación de pigmentos oscuros que filtran parcialmente la radiación. Las personas de piel blanca tienen gran dificultad en responder a tiempo con ese mecanismo y necesitan de mayores precauciones.

¿Hay algo que podamos hacer, desde aquí abajo y sin ningún poder político aparte del que da el voto, en favor del ozono y de nuestra salud? Usar pulverizadores mecánicos y no propelentes de aerosol (o mirar el envase para ver si dice que no usan CFC); preferir los desodorantes de bolilla a los pulverizadores con propelentes gaseosos; renovar la heladera solo por necesidad, pero no por estética o moda; prescindir, dentro de lo posible, de los acondicionadores, y no reclamarlos en el trabajo si podemos servirnos de un ventilador (al menos hasta que se empleen otros gases refrigerantes); apoyar con el voto a los políticos que mantengan el compromiso internacional de dejar de lado los CFC cuanto antes; no tomar demasiado sol de una vez (ni admirar el aspecto de los que lo hacen); usar anteojos con filtro UV si estamos

mucho tiempo expuestos al sol; oponernos a que se revise desordenadamente la basura en busca de cosas útiles y preferir el más costoso reciclado racional de los desechos para no enviar más CFC a la atmósfera; no escribir en las paredes de la ciudad, y si lo hacemos por alguna causa noble que dé una dudosa justificación al daño estético de esta verdadera polución visual y semántica que causamos, preferir usar un trozo de carbón o una brocha a los envases de pintura en aerosol; castigar con el cese de compras a las marcas que no den muestras de querer disminuir las emisiones que afectan la integridad de la capa de ozono; y si buscamos empleo, preferir las empresas que cuidan el ambiente. Principalmente, lo que debemos hacer es informarnos y estudiar estos problemas.

Efecto invernadero anómalo y agujero[5] de ozono

El efecto invernadero anómalo es el fenómeno por el que la temperatura de la atmósfera crece en exceso cuando aumenta la proporción de ciertos gases como el dióxido de carbono. El llamado agujero de ozono es la disminución anormal de este gas. La relación entre estos dos indeseables efectos atmosféricos, ambos debidos muy probablemente a la civilización industrial, es escasa, en el sentido de que la cantidad de ozono en la atmósfera no tiene prácticamente influencia en su transparencia a las radiaciones térmicas de gran longitud de onda, y la concentración de los gases carbónicos tampoco influye en la transmisión de la banda ultravioleta. Pero existen relaciones indirectas, entre ellas: el adelgazamiento de la capa de ozono, al permitir un mayor ingreso de radiación ultravioleta produce la muerte de una gran masa de vegetales acuáticos que en la superficie marina fotosintetizan una fracción considerable del dióxido carbónico atmosférico, así aumentará aun más la concentración del gas carbónico en la atmósfera y se tendrá mayor efecto invernadero que el que habría si no existiese ningún problema con el ozono.

5. Aunque la reducción de la capa de ozono está lejos de llegar a cero –o a valores despreciables– igualmente se habla del *agujero* de ozono. (En portugués usan la más sonora expresión *o buraco de ozonio*, que causa gracia a los estudiantes, porque buraco es palabra lunfarda para nombrar un huraco o agujero.)

Personas de ciencia incrédulas

A pesar de que a veces se las acusa de actuar de manera interesada y al servicio de empresas que tratan de escurrirse de los gastos que representa el cuidado del ambiente, hay personas de ciencia muy serias y respetables, cuyos trabajos de investigación deberíamos estudiar, aunque disintamos, y quienes sostienen que no hay tal conexión entre la industria frigorífica o la de desodorantes, insecticidas y pinturas y el adelgazamiento de la capa de ozono que atribuyen a causas naturales, como el vulcanismo. Otros objetan tales argumentos, ya que el cloro de los volcanes no estaría libre sino ligado a moléculas de compuestos.

Al respecto, consideramos útil leer fragmentos de comunicaciones científicas como los que siguen. (Noten las diferencias de opinión y de tono).

1. La Nación, 27 Jun.2010, Enfoques. http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1278835. **Ecología y polémica,** mercaderes del cambio climático, por Alejandra Folgarait (Diario).

> La desinformación es hoy el arma preferida para generar dudas sobre temas ambientales espinosos. Usinas financiadas por intereses corporativos y políticos tapan los hechos para manipular a la opinión pública. Quiénes son y cómo trabajan los científicos que niegan las evidencias y dividen a la comunidad científica global con sus falsas verdades.
>
> Una nueva clase de escépticos pugna por hacerse escuchar en todo el mundo. Ataviados con argumentaciones vistosas, científicos de renombre se dedican a negar evidencias molestas –como la que vincula al cambio climático con las actividades industriales– y hacen valer sus opiniones como si fueran certezas. En buen criollo: fomentan falsas controversias científicas con el objetivo de llevar agua para su molino o para el molino de los intereses que representan.
>
> El accionar de los nuevos escépticos se ha tornado evidente a partir de las discusiones sobre el cambio climático. Ante la catarata de estudios que prueban la

responsabilidad humana en el aumento de la temperatura global y en el incremento de fenómenos climáticos extremos, como huracanes y sequías, los científicos escépticos generan sospechas de todo tipo. Pueden poner en duda un dato aislado –como el derretimiento de un glaciar en el año 2035– o invalidar toda la teoría sobre las causas humanas del cambio climático. En última instancia, el objetivo de estos mercaderes del conocimiento es crear titubeos entre quienes deben frenar el cambio climático, ya sean gobiernos o ciudadanos de a pie.

Pero la novedad hoy no es solo el hecho nefasto de que haya científicos dispuestos a distorsionar la verdad e intereses económicos que les pagan por ello sino que empiezan a ser desenmascarados.

Un libro que acaba de publicarse en EEUU, *Merchants of doubt* (Mercaderes de la duda), escrito por los historiadores de la ciencia Naomi Oreskes, de la Universidad de California en San Diego y Erik Conway, del Instituto Tecnológico de California, puso por primera vez en blanco sobre negro cómo funciona la usina de desinformación científica financiada por *lobbies*[6] cercanos a las corporaciones de hidrocarburos [...].

Según los autores de *Merchants of doubt*, físicos de renombre como Fred Singer, Fred Seitz, William Nierenberg y Robert Jastrow, todos del *Marshall Institute*, aparecen envueltos en campañas para negar las evidencias científicas ligadas no solo al calentamiento planetario sino también a la lluvia ácida, al agujero de ozono y al efecto dañino de los cigarrillos [...].

Estos grupos de presión pronto comenzaron a financiar investigaciones científicas para contar con evidencias a su favor. Y no dejaron nunca de influir en forma directa o solapada sobre los representantes de los gobiernos para que no regularan la operación de las industrias [...].

Para desactivar las bombas de estruendo que arman los negadores, bastaría mostrar las señales del cambio climático aquí, allá y en todas partes. Sin embargo, los interesados en continuar con los actuales niveles de

6. En inglés, antesala, en alusión a las personas que esperan entrevistarse con funcionarios para persuadirlos de que apoyen sus intereses, por coincidir estos, supuestamente, con los de la República, lo que ocurre en algunos casos y no en otros.

consumo y con la industria basada en el petróleo siguen practicando el juego de la suspicacia. Y muchas veces ganan las primeras planas mundiales con sus declaraciones altisonantes [...]. © LA NACION

2. Ciencia Hoy, volumen 8 - Nº 46 - mayo y junio de 1998 (Revista de Divulgación). **Los Fantasmas del Planeta**, por Federico I. Isla (Centro de Geología de Costas, Universidad Nacional de Mar del Plata).

EL AGUJERO DE OZONO

[...] El agujero de ozono se ha llevado la palma entre los fantasmas globales. En la década de 1980, desde la base antártica de *Halley Bay*, se descubrió una merma significativa del ozono estratosférico. La emisión de halógenos y los gases de las heladeras (cloro-flúor-carbono; CIFC) fue considerada como la causa principal de su eliminación. La abundancia de ozono depende de un delicado balance entre producción, transporte y remoción (véase CIENCIA HOY 38: 31-40, 1997). La disminución del ozono no se debe solo a su remoción a altas latitudes sino también a reducciones en su transporte desde los trópicos. El problema se fue acentuando para llegar a un mínimo durante octubre de 1987 [...]. Sin embargo, otros procesos naturales también afectan la concentración de ozono. Los océanos pueden aportar Cloro (como sal) a la atmósfera. Los incendios de biomasa pueden, también, aportar compuestos de Cloro orgánico (metil cloro). Los volcanes aportan ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico a la atmósfera. Estos aportes naturales son sensiblemente mayores que los artificiales [...]. Otro fenómeno volcánico llamó la atención: se calculó que el Monte Erebus (Antártida) eyectaba a la atmósfera 1000 toneladas de Cl diariamente, justo debajo de la capa de ozono [...]. La incertidumbre acerca de los efectos de erupciones significativamente explosivas han dado origen a artículos que crean dudas o directamente niegan que los CIFC sean la única causa del agujero de ozono (véase CIENCIA HOY 38: 31-40, 1997).

Aún no se conoce, suficientemente, la química estratosférica para establecer cuánto hay de inducido por el hombre en este problema. No se poseen registros antiguos

de ozono estratosférico ni se conocen las probables causas naturales para su eliminación durante la primavera austral (octubre).

Si bien el agujero sorprendió a los científicos, la biota antártica no parece haber sido sorprendida: algunos organismos poseen substancias micosporinas que minimizan los efectos cancerígenos de la radiación ultravioleta B. Existen, además, muchas dudas acerca de las tendencias ecológicas del fitoplancton ante un incremento significativo de la radiación ultravioleta [...].

No podemos negar que el hombre está alterando significativamente los ciclos biogeoquímicos. Pero tampoco podemos negar que, en muchos casos, no conocemos los antecedentes para discriminar los efectos naturales de los antropogénicos.

Respecto del ciclo del carbono (calentamiento global), no conocemos su productividad actual, la del pasado ni los efectos reguladores del océano superficial y profundo.

Respecto del aumento del nivel del mar, no conocemos si las tendencias previstas de aumento son representativas de lo que sucede en todo el planeta.

Respecto de los ciclos del ozono y halógenos estratosféricos (agujero de ozono), no conocemos los procesos completos. Tampoco sabemos si los efectos antropogénicos son significativos comparados con los naturales episódicos.

Discusión

La siguiente discusión imaginaria se basa en argumentos que hemos oído los autores en debates de aula. (Sin embargo, cambiamos el lenguaje coloquial por el académico y corregimos las vacilaciones y los errores sintácticos.)

– ¿Por qué permiten que se siga vendiendo freón? Vi cómo cargaban ese gas en una pequeña garrafa, lo pesaban en una casa de artículos de reparación de heladeras adonde fui a comprar un repuesto.

– Es que la Argentina firmó el tratado de Montreal de 1987 y su enmienda de 1995 en Viena, pero justamente cuando había que empezar a cumplirlo se desató la crisis de 2001, con una devaluación de nuestra moneda a un tercio del valor que tenía y con la renuncia de cuatro presidentes en menos de dos semanas.

– Pero las actuales autoridades se ufanan de haber capeado esa crisis, y ya no hay motivos de espera. Tenemos una obligación mundial para con nuestros hijos y nietos. ¿Es que solo se toman decisiones cuando estamos sometidos a una presión? Deberíamos retomar esa antigua obligación y cumplirla. De otro modo, y en poco tiempo, vos y yo deberíamos usar anteojos protectores cada vez que salimos a la calle.

– Pero no es que el medio ambiente haya caído en el olvido. Por acuerdo internacional el freón se dejará de consumir por completo recién en 2030; hasta entonces solo hay un compromiso de reducir progresivamente su uso. Estoy de acuerdo con lo que hacen las autoridades, aunque me disgusta que actúen demagógicamente. Personalmente creo que la preocupación por el ozono es exagerada. En realidad no se sabe a qué obedece el agujero de ozono.

– La ciencia dice que se produce como consecuencia de los fluotocarbonos.

– ¿Por los gases propelentes de desodorantes y pinturas?

– También por los de las heladeras.

– Pero las heladeras no despiden ese gas, lo tienen encerrado en la bocha o unidad sellada.

– Es que cuando se cambian y las reciclan o las desarman, abren las unidades selladas y todo ese gas va a parar a la atmósfera.

– Si así fuera ¿por qué el adelgazamiento de la capa de ozono ocurre más en nuestro hemisferio sur que en el norte, donde hay más industria? Cuando se habla del primer mundo, siempre se mencionan los famosos Estados Unidos y Europa, en el hemisferio norte.

– No se sabe por qué; debe tener que ver con los vientos y la circulación atmosférica. Pero aun en ese caso, nadie espera una certeza absoluta de que algo sea peligroso para dejar de hacerlo. ¿Acaso estamos seguros de que un producto vencido nos hará mal? No, pero por las dudas lo cambiamos por otro fresco, lo mismo habría que hacer con los gases que afectan el ozono.

– Pero es muy caro cambiar de gas refrigerante. Vemos siempre que los industriales y los comerciantes hacen gigantescos esfuerzos para economizar un centavo. ¿Cómo esperar que gasten mucho más en cuidar algo que en definitiva no les concierne?

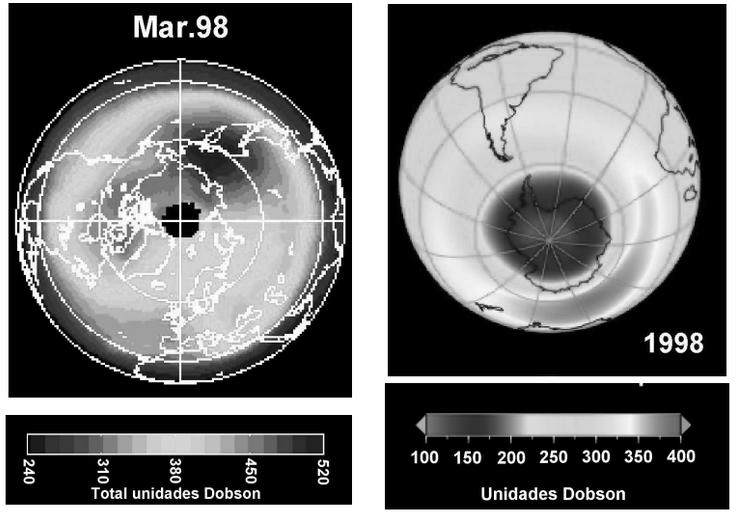
– ¿Cómo que no les concierne? ¡El planeta es de todos! Ya sé que cuesta mucho hacer que los intereses personales se subordinen a los comunitarios, pero para eso están las leyes y el Gobierno.

– Leí los dos artículos opuestos que nos dieron, y realmente no puedo sacar conclusiones. Una autora parece fanática ambientalista; el lenguaje que usa es exagerado e insultante; ve conspiraciones por todos lados, sin dar precisiones ni datos firmes. Me gustaría leer Mercaderes de la duda, para ver si ese libro realmente pone en blanco sobre negro la maniobra de desinformación que ella denuncia.

– Es difícil reunir pruebas. Naturalmente, nadie firma recibo por un soborno. A mí esa nota me alcanza para tener mis sospechas.

Propuestas de estudio

1. Completen la discusión ficticia anterior. Por ejemplo, se puede considerar el costo médico de atender casos de cataratas, cáncer de piel y quemaduras, en comparación con los costos industriales del empleo de gases alternativos, y combinar ese argumento con el hecho de que hoy raramente un industrial invertirá en medidas que le perjudiquen económicamente, aunque aceptará de buen grado gastos compartidos que en definitiva lo beneficien junto con el resto de la comunidad.



Mapas de ozono correspondientes al mismo año 1998, para el polo Norte y para el polo Sur. (Noten que las escalas de tonos son diferentes.)

2. De acuerdo con información que se puede hallar en Internet o en libros ¿cuál es la proporción normal de ozono al nivel del suelo, y cuál tolera el ser humano sin molestias ni daños en la salud?
   Respuesta al revés: etnemavitcepser, mpp 1,0 y mpp 50,0
3. Comparen, en las figuras, la disminución del ozono en el hemisferio norte con la del hemisferio sur.
4. El Freón 11 y el Freón 12 ¿son nombres químicos de sustancias o marcas comerciales?
   Respuesta: Son marcas registradas de Dupont, de fórmulas $CFCl_3$ y CF_2Cl_2.

Otras fuentes de estudio e información

Ingersoll, Andrew P. *The Atmosphere*, Scientific American number 3, volumen 249, Septiembre 1983, Nueva York, pp. 114-130.

Moragues, Jaime A. y Alfredo Rapallini, *Una cuestión de equilibrio*, Ciencia Hoy vol. 2 nº 9, septiembre 1990, Buenos Aires, pp. 28-33.

Báez P., Armando, *Lluvia ácida*, íd., pp. 34-39.

Orce, Luis V. *Radiación ultravioleta y ozono atmosférico*, íd., pp. 40-48.

Taylor, F.W. *The greenhouse effect and climate change*, Reports on Progress in Physics number 6, volume 54, Junio 1991, pp. 881-918.

http://www.astroyciencia.com/wp-content/uploads/2007/09/componentes_atmosfera.jpg. (El artículo incluye un muy claro gráfico sobre la composición atmosférica.)

♦

Referencias

Aristóteles, *Física*, Gredos SA, Madrid, 1995, traducido por Guillermo R. de Echandía. (Uno de los más antiguos estudios de ciencias naturales, totalmente superado).
http://www.fabianschonholz.com/2008/11/12/an-answer-that-even-an-single-cell-organism-can-understand/ (Artículo de la lectura 1, bilingüe).
http://www.auger.org (Sitio oficial del proyecto Auger).

Claves de búsqueda en la Red

Polémica LHC, colisionador, Auger, hadrones, partículas, quarks.

Epílogo

Los autores

La editorial planea continuar esta obra con más cuestiones polémicas que hacen a la formación docente y a la enseñanza de las ciencias naturales, en las que se reflejarán algunos de los debates que se dan en medios científicos y políticos. Como antes, se mencionarán las discusiones en los medios masivos que guardan estrecha conexión con las de los estudiantes de nuestras clases.

Por si fuera de interés para los lectores y las lectoras de este libro, adelantamos el índice provisional de esa posible continuación.

1. Diagnósticos con técnicas inocuas y no ionizantes. Muchos insisten en el reemplazo de los diagnósticos invasivos, como los que emplean rayos X y gamma, por los inocuos de resonancia magnética nuclear (los que, a pesar de su nombre, no emplean energía nuclear). La diferencia de riesgos ¿justifica el costo de esos equipos?

2. Manipulación genética de plantas, animales y humanos. En ambientes científicos se expresan temores y reservas, qué conviene conocer y discutir.

3. Megaproyectos de ciencia biológica y médica. Ambiciosos proyectos interdisciplinarios de investigación en temas biológicos, orientados a la solución de problemas de salud, entre ellos el cáncer y la enfermedad de Alzheimer.

4. Naturismo y tecnología alimentaria. El uso de conservantes y colorantes se juzga potencialmente peligroso para la salud, pero una renuncia llana a toda tecnología alimentaria aumentaría los riesgos de infecciones. ¿Cuál es el punto de equilibrio?

5. Embriones humanos para la salud. Un embrión ¿es o no un ser humano? El uso de células madre o troncales en la investigación y la terapia es polémico en la actualidad, cuando esas células se obtienen de embriones humanos. El tema enlaza la biología con valores éticos, sociales y filosóficos.

6. Una tríada peligrosa: alcohol, droga y promiscuidad sexual. Se debate la incidencia en la salud –en la estructura de la familia y de la sociedad– de esos hábitos juveniles y adultos. ¿Penalizaríamos el consumo de drogas? ¿Y el de alcohol en quienes conducen?

7. Aborto. ¿Tiene derecho absoluto una mujer sobre su cuerpo? Nuestra Constitución y las leyes prohíben explícitamente la interrupción del embarazo, salvo en contadas excepciones. Sin embargo, esas leyes raramente se aplican; se llevan a cabo anualmente miles de abortos, la mayor parte clandestinos y algunos en pésimas condiciones de higiene.

8. Eugenesia y eutanasia. Estos antiguos debates de raíces biológicas, médicas, sociales, políticas y religiosas, cobraron actualidad después de que una provincia argentina reglamentó la Ley de la Muerte Digna, la que apenas cambia las costumbres familiares y médicas –de las que poco se habla– pero al menos reconoce la polémica y avanza en su resolución. ¿Es natural morirse? ¿Tenemos derecho absoluto sobre nuestra vida?

Índice

Prólogo.....5

1. Adelgazamiento de la capa de ozono.....7
El ozono y su relación con el oxígeno 7
Composición de la atmósfera terrestre.....8
El espesor atmosférico en los gráficos.....9
Ubicación de la capa de ozono.....10
Unidades Dobson.....11
Adelgazamiento.....11
Efecto invernadero anómalo y agujero de ozono 14
Personas de ciencia incrédulas 15
Discusión 18

2. Biocombustibles y alimentos.....23
Propuesta didáctica.....23
Discusión 28
Biomasa y biocombustible 30
Fotosíntesis 31
Biocombustibles.....34

3. Campos electromagnéticos y salud humana 39
Rastreo de perjuicios.....39
Radiaciones ionizantes y no ionizantes.....46
Espectro electromagnético.....47
Límites higiénicos de exposición a las radiaciones ioizantes.....48
Límites higiénicos de exposición a las radiaciones
que no son ioizantes 49

Límites higiénicos de exposición a los campos eléctricos y magnéticos que no irradian, por ser de baja frecuencia 50
Discusión 51

4. Mercurio en desinfectantes, pilas y lámparas 55
El vocabulario técnico y el de uso común 55
Lámparas fluorescentes rectas y compactas 56
El mercurio 57
Enfermedades causadas por el mercurio 59
Mercurio en las pilas de botón 60
Efecto estroboscópico 61
Pigmentos fotoluminiscentes 62
Discusión 63

5. Energías convencionales y alternativas 69
El efecto invernadero 69
¿Qué es una energía *alternativa*? 71
Las energías convencionales 74
Energías alternativas 74
Discusión 77

6. La ley de bolsas de residuos de 2008 en la provincia de Buenos Aires 85
El problema mundial de la basura 85
Inundaciones 86
Las bolsas de residuos 87
Propuesta didáctica 88
Discusión 94
Conclusión 97

7. Negación y afirmación dogmática del cambio climático 99
Calentamiento global 99
Temperatura y dióxido de carbono 101
Termómetros 102
Otros medios de medir la temperatura 104
Fracción de CO_2 en la atmósfera 104
Sumideros de dióxido de carbono 105
Mediciones indirectas de Loehle 107
Discusión 108

8. Megaproyectos de física básica 115
Vocabulario previo 115
Propuesta didáctica 118
Discusión 124
Conclusión 127

Epílogo 129