

La sostenibilidad en el currículo de Química

Furió, C. y Solbes, J.

A lo largo de las dos últimas décadas, se han multiplicado los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que los educadores de todas las materias y niveles contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta la vida en nuestro planeta y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (UNESCO, 1987; Council of the Ministers of Education of the European Community, 1988; Naciones Unidas, 1992; Delors, 1996).

Es necesario, pues, que los estudiantes lleguen a ser conscientes de los problemas y desafíos que caracterizan el estado del mundo, realizando un esfuerzo de globalización que evite el reduccionismo causal que puede afectar al estudio de los problemas científicos, muy en particular cuando se trata de problemáticas complejas como la que nos ocupa, con serias implicaciones éticas.

Entre esos problemas se pueden mencionar los siguientes (Gil et al., 2000; Solbes, 2002; Vilches y Gil, 2003):

- Crecimiento exponencial de la población, que hace que ésta se duplique en períodos muy cortos de tiempo. En 1950 éramos 2500 millones de personas, ahora somos más de 6000 millones y en el 2050 se prevén unos 10000 millones de habitantes en la Tierra.
- Crecimiento de la polarización entre riqueza y pobreza. Ahora hay unos 1200 millones de personas en el primer mundo y 5000 millones en el tercero, de los cuales 1500 millones malviven con menos de un dólar diario, en el 2025, habrá 1400 millones y 7100 millones, respectivamente, y sus consecuencias, como el hambre (ahora hay más de 700 millones de personas que la padecen), las enfermedades, el analfabetismo; etc.
- Producción de armamentos, causa fundamental de las guerras (desde 1945 más de 100, casi todas en el tercer mundo y con más de 16 millones de muertos), del tráfico de armas, y sobre todo, de un stock de armas nucleares, químicas y biológicas, con capacidad más que sobrada para destruir el mundo como planeta habitable.
- Agotamiento de los recursos, particularmente los energéticos (el petróleo, el gas natural), el agua potable, los bancos de peces de la plataforma continental, etc.
- Contaminación del medio ambiente, donde se ha pasado de problemas locales como la polución atmosférica de las grandes ciudades, los residuos urbanos, la contaminación de ríos, lagos y costas, a problemas globales como:
- Incremento del efecto invernadero.
- Destrucción de la capa de ozono.
- Lluvia ácida.
- Deforestación, no sólo por la pérdida de biodiversidad que supone en el caso de las selvas tropicales, sino por sus efectos en la disminución de lluvias, en la erosión de suelos productivos por el viento, el agua, y la consiguiente desertificación, que no se limita sólo al África subsahariana, sino que alcanza a la cuarta parte de nuestro país (en particular, todo el sureste de España).

Se insiste hoy, tanto en que todos los educadores incorporemos la atención al estado y futuro del mundo como una dimensión esencial de nuestra actividad porque hasta la segunda mitad del siglo XX, nuestro planeta parecía inmenso, prácticamente sin límites, y los efectos de las actividades humanas quedaban localmente compartimentalizados (Fien, 1995). Esos compartimentos, sin embargo, han empezado a disolverse durante las últimas décadas y muchos problemas (efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, lluvia ácida...) han adquirido un carácter global que ha convertido "la situación del mundo" en objeto directo de preocupación.

Informes provenientes de instituciones internacionales como el Worldwatch Institute, reuniones y conferencias mundiales o el mismo Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo nos vienen proporcionando, año tras año, una visión bastante sombría -pero, desgraciadamente, bien fundamentada- del estado del mundo (Comisión del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Naciones Unidas, 1992; Brown et al., 1984-2000). Ésa es la razón de los llamamientos realizados a, insistimos, todos los educadores, para que incorporemos la situación del mundo a nuestra labor docente. Unos llamamientos que alcanzaron especial énfasis durante la llamada Conferencia de Río -en la que participaron más de 120 jefes de estado y 14 000 Organizaciones no Gubernamentales-, cuya Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992) reclamaba explícitamente que todos los educadores -cualquiera que sea nuestro campo específico de trabajo- contribuyamos a hacer posible la participación ciudadana en la búsqueda de soluciones. No podemos, pues, seguir educando a los jóvenes "como si no hubiera una situación de emergencia planetaria" (Orr, 1995).

¿Cuál es la situación, a este respecto, trece años después de la Conferencia de Río? A pesar de tan dramáticos llamamientos, la atención prestada al estado y futuro del planeta, tanto por la investigación en didáctica de las ciencias como por la formación de los docentes en este campo, es todavía muy escasa. Por eso, las Naciones Unidas, dada la gravedad y urgencia de los problemas a los que la humanidad debe enfrentarse hoy, ha instituido una Década de Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), designando a UNESCO como órgano responsable de la su promoción.

En este trabajo pondremos el énfasis en qué es lo que podemos hacer los profesores de Química para atender la llamada de la ONU y contribuir a un futuro sostenible.

Algunos temas que se podrían tratar

La enseñanza de la Química ofrece una plataforma privilegiada para tratar estos problemas, particularmente, los referentes a la contaminación y al agotamiento de recursos, tanto en niveles secundarios como universitarios.

En concreto, se pueden tratar el tema de la contaminación atmosférica en la teoría cinético molecular (gases); el del smog en reacciones químicas; el incremento del efecto invernadero puede tratarse tanto en temas de química (termoquímica) como de física (energía u ondas), lo que pone de manifiesto que los problemas complejos son multidisciplinares; el de la lluvia ácida en reacciones químicas, particularmente, en las de ácido-base; la destrucción de la capa de ozono en el estudio del equilibrio; el agotamiento del petróleo en hidrocarburos.

Estos son los temas que presentaremos a continuación, pero hay muchos otros como la contaminación del agua (con el problema asociado de la eutrofización) por

detergentes (fosfatos) y abonos nitrogenados (nitratos) (en las aplicaciones de compuestos de coordinación); el problema de los residuos sólidos (en química industrial), especialmente, por pilas (en redox) o PVC (en polímeros); el problema de los pesticidas y otros contaminantes orgánicos persistentes (COPs) y la denuncia de los efectos del DDT por Rachel Carson en su libro "Primavera silenciosa" (1962), en química industrial; desastres como el de Seveso (Italia) en 1976 en el que se contaminó el ambiente con dioxina o el de la planta Union Carbide en Bophal (India) en el que se vertió grandes cantidades de isocianato de metilo el 3 de diciembre de 1984 (Marco, 2005), en el estudio de algunas funciones orgánicas o en el de la química industrial; y muchos otros. Pasamos, a continuación, a presentar las actividades antes mencionadas.

Contaminación atmosférica

La contribución de la actividad humana a la contaminación de la atmósfera no es nueva y tiene una larga prehistoria. Cuando se empezó a utilizar el carbón como combustible en el siglo XIV, empezó este problema. El aumento de consumo de los combustibles por la industria, por las grandes concentraciones humanas en las ciudades y por la aparición de los vehículos de motor, ha empeorado el problema año tras año. Cualquier sustancia que, añadida a la atmósfera, produzca un efecto apreciable sobre los hombres y su entorno se puede calificar de contaminante. Estudiaremos la polución del aire haciendo referencia a las fuentes principales de contaminación y los efectos sobre el medio ambiente producidos por la misma.

Contaminantes del aire

Los gases producidos por una sociedad industrial y liberados a la atmósfera se conocen como contaminantes primarios del aire. Los contaminantes secundarios del aire son aquellos que se producen mediante reacciones químicas entre los contaminantes primarios o con otros componentes de la atmósfera. Los principales contaminantes primarios del aire son: óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y macropartículas.

Macropartículas. Además de los contaminantes gaseosos, el aire puede tener partículas de sólidos y líquidos suspendidas y dispersas. A las macropartículas se debe el aspecto nebuloso y brumoso del aire contaminado. Algunas de ellas toman la forma de verdaderos aerosoles y aparecen como niebla o rocío, y otras adquieren la forma de humos sólidos, polvo o cenizas. Están constituidas por una gran variedad de sustancias formadas por iones de los elementos Al, Ca, Fe, Pb, Mg, Na combinados con iones nitrato, sulfato y cloruro; algunas también contienen compuestos orgánicos, ácidos sulfúrico y nítrico. La mayor parte de Pb en macropartículas proviene de los aditivos de alquilo de plomo que se añade a las gasolinas para mejorar su índice de octanos. La combustión, de carburantes fósiles y sobre todo, el carbón en las plantas de energía eléctrica, emiten una gran parte de macropartículas. También proceden de incendios forestales, fabricación de hierro y acero, producción de cemento, la extracción y producción de rocas y minerales, la elaboración de pulpa y papel.

Óxidos de azufre (SO₂ y SO₃). La mayor fuente de óxidos de azufre la constituye la combustión de carbón (lignitos) y petróleo en las plantas generadoras de electricidad. Ambos materiales contienen pequeños porcentajes de azufre, en gran parte en forma de minerales. Los procesos siderúrgicos constituyen otra fuente principal de óxidos de azufre. La mayor parte del SO₂ presente en el aire

contaminado se convierte en SO_3 . Los óxidos de azufre se eliminan del aire mediante su conversión en ácido sulfúrico y sulfatos. En esta forma se depositan sobre la tierra o en el mar debido a la lluvia o sedimentan en forma de macropartículas.

Óxidos de nitrógeno (NO y NO_2). Se producen, principalmente, en los motores de combustión interna donde se alcanzan elevadas temperaturas facilitándose la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno abundantes en el aire. En el aire el NO producido se oxida lentamente a NO_2 . Los medios de transporte (camiones, coches y aviones, entre otros) son fuente importante de óxidos de nitrógeno, también se producen en los incendios forestales y las quemadas agrícolas. La mayoría de estos óxidos se convierten en ácido nítrico y nitratos. En esta forma se depositan sobre la tierra o el mar debido a la lluvia o sedimentan como macropartículas.

Hidrocarburos. La principal fuente de contaminación por hidrocarburos son, también, los vehículos de transporte. La mayor producción de los mismos se debe a las actividades de la industria petrolera. Los automóviles, a través del tubo de escape, vierten cantidades de hidrocarburos volátiles como el etileno o el propileno que hay en el combustible y no llegan a quemarse.

Monóxido de carbono. Se produce cuando el carbón u otros combustibles orgánicos sufren una combustión incompleta por falta de una buena aireación. Más del 90 % de monóxido de carbono que hay en la atmósfera proviene de los automóviles. Otras fuentes de CO son los incendios forestales y de edificios, la combustión de desechos sólidos y las quemadas agrícolas.

Efectos de estos gases y macropartículas en los seres vivos y en las ciudades

Se sabe que la contaminación del aire tiene un papel muy importante en los trastornos cardiacos y pulmonares crónicos. Ciertos gases, entre ellos el SO_2 , O_3 , NO_2 , atacan directamente los tejidos del pulmón. Los óxidos de azufre pueden inhibir el crecimiento de plantas y ser letales para algunas de ellas. Las hojas se mueren y se secan cuando las plantas quedan expuestas al SO_2 durante largos periodos.

Los niveles de contaminación con macropartículas se relacionan directamente con enfermedades respiratorias.

El CO actúa reduciendo la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a través del cuerpo. En efecto, el CO forma un complejo mucho más estable con la hemoglobina que el formado con el oxígeno. Concentraciones no muy altas pueden causar dolores de cabeza, fatiga, estado de coma y hasta la muerte (400-500 p.p.m.). Desde 1975, el principal método para reducir la emisión de CO ha sido la instalación de convertidores catalíticos en los coches. Los coches equipados con estos convertidores han de utilizar gasolina sin plomotetraetilo (gasolina sin plomo), ya que este producto puede envenenar al catalizador dejándolo inactivo.

El efecto adverso de los contaminantes sobre los materiales de construcción es evidente cuando se observa como los edificios se cubren de hollín y como las estatuas de las ciudades en todo el mundo (en particular, las de mármol y de piedra caliza) se van corroyendo por el ataque de los ácidos que hay en estos ambientes contaminados. A este último efecto se le suele llamar 'el mal de la piedra'.

Smog fotoquímico

¿Qué entender por smog?

Muchos de los contaminantes que entran en la atmósfera sufren reacciones subsecuentes que producen especies aun más perjudiciales. Un ejemplo importante lo constituye la secuela de reacciones involucrada en la formación del "smog" fotoquímico. La formación del smog se inicia por la descomposición fotoquímica del NO₂ según la reacción $\text{NO}_2 (\text{g}) + h\nu \rightarrow \text{NO} (\text{g}) + \text{O} (\text{g})$. La mayor parte de los átomos de oxígeno producidos reaccionan con moléculas de oxígeno para producir ozono, uno de los componentes principales del smog fotoquímico. Las moléculas de ozono, los átomos de oxígeno y las moléculas de óxido nítrico reaccionan con los compuestos orgánicos existentes en el aire produciendo los componentes del smog. El "smog" contiene óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono, hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y una gran variedad de compuestos orgánicos. Este smog de tipo fotoquímico se forma en días soleados, cuando los contaminantes se acumulan durante una inversión de temperatura. Esta inversión se produce cuando una capa de aire tibio queda atrapada entre la masa de aire fresco y el aire aun más fresco, de las alturas.

La otra clase de smog es el llamado "tipo Londres", que se forma cuando los contaminantes, en especial macropartículas y óxidos de azufre, se acumulan en masas de aire fresco, húmedo y estancado, características del tiempo invernal.

Efectos del Smog

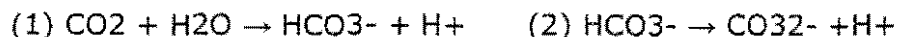
La contaminación del aire afecta directamente a los sentidos de la vista, del olfato y del gusto. La reducida visibilidad provocada por la absorción y difusión de la luz por las partículas suspendidas, es quizá el efecto mas obvio. La irritación de los ojos es una característica familiar del smog fotoquímico. Se ha identificado varias sustancias lacrimógenas (acroleína, formaldehído, nitrato de peroxiacetilo). Estos y otros compuestos orgánicos también pueden producir el olor a acre y la sensación de quemadura en los órganos del gusto, que acompaña al smog y al humo. Las cosechas de productos que van desde las lechugas hasta las habas y las naranjas sufren perjuicios por ciertos componentes del smog, notablemente por el ozono y por el nitrato de peroxiacetilo.

Lluvia ácida

Uno de los problemas de los países industrializados es el de la lluvia ácida.

Explicar a qué se debe este fenómeno y escribir, al menos, dos de las reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera cuando se produce este fenómeno

La lluvia no es nunca neutra. Es una solución acuosa en equilibrio con los gases atmosféricos, en particular con el dióxido de carbono según las siguientes reacciones:



En condiciones normales, la reacción (1) predomina y fija el pH de la lluvia en un valor de 5,6. La acidez del agua de lluvia empieza a ser preocupante cuando el pH es inferior a 5,6. Entonces hablamos de lluvia ácida. En general se admite que esta acidificación se debe a la oxidación del SO₂ y de los óxidos de nitrógeno y posterior reacción con el agua produciendo ácidos sulfúrico y nítrico. La importancia relativa de la contribución de cada uno de estos ácidos al contenido de la lluvia ácida (que suele ser de 70 % de H₂SO₄ y 30 % de HNO₃) no es constante. Los óxidos de

azufre y nitrógeno pueden desplazarse a considerables distancias antes de combinarse con el agua y precipitarse en forma de ácidos, haciendo que el problema creado en unos países sea sufrido también en países vecinos.

La lluvia ácida es la responsable de la acidificación de los lagos y ríos. Este fenómeno se detectó inicialmente hace unas décadas en algunos lagos de países escandinavos que perdieron su fauna piscícola debido a la lluvia ácida de grandes masas de aire contaminado por la combustión del carbón procedentes de la cuenca del Rhur en Alemania. Algo semejante puede decirse de algunas partes de Canadá y EE.UU. Parece ser que el daño en aquellos lagos fue debido a la solubilización producida por los ácidos de cationes metálicos tóxicos (especialmente de aluminio) existentes en el suelo. Por ejemplo, los iones H^+ de la lluvia ácida pueden reaccionar con compuestos de aluminio insolubles (silicatos), produciendo Al^{3+} en disolución. Estos iones no solamente se supone que son perjudiciales para los árboles y los animales acuáticos que los absorben sino que, al ser espermicidas, van haciendo que desaparezca la vida en estos lagos contaminados. En cuanto a los bosques, los primeros síntomas de problemas en los árboles se detectaron en los bosques de Europa Central.

Las aguas ácidas pueden desprender el cobre de las tuberías. Los niños del suroeste de Suecia han contraído diarrea por los altos niveles de contenido de cobre en el agua acidificada empleada para el consumo. Además la lluvia ácida ha causado daños directos a estructuras arquitectónicas, provocando el deterioro de monumentos tan famosos como el Partenón y el Taj Majal.

La mayoría de las estatuas de mármol expuestas al medio ambiente están deterioradas debido a la lluvia ácida.

Explicar el proceso que tiene lugar

La emisión de SO_2 en una central termoeléctrica es de 5 Tm/h. Suponiendo que este SO_2 se transforman completamente en ácido, ¿cuántas toneladas de ácido sulfúrico, (H_2SO_4), se obtendrán en un día de funcionamiento de esta central?

Dstrucción de la capa de ozono

Según las teorías actuales de la evolución, la vida no se habría podido desarrollar en la Tierra sin el escudo protector que constituye la capa de ozono. En la atmósfera que rodeaba la Tierra primitiva no existía oxígeno y a la superficie llegaban radiaciones ultravioleta muy intensas que hacían imposible toda forma de vida. Se cree que la vida empezó en el mar porque no existían otras condiciones favorables en todo el planeta que lo hicieran posible. Hay que tener en cuenta que el agua absorbe todas las radiaciones UV que no llegan a determinada profundidad, creándose así las condiciones adecuadas para el desarrollo de los primeros organismos vivos.

En el transcurso de la evolución, aparecieron los organismos fotosintéticos, capaces ya de producir oxígeno, que fue pasando a formar parte de la atmósfera. Sobre este oxígeno inciden las radiaciones UV del sol dando lugar a la formación del ozono. Es a partir de entonces, cuando el ozono comienza a filtrar las radiaciones solares perjudiciales, que ya no llegan a la superficie, cuando la vida pudo salir del mar y desarrollarse en la tierra.

Actualmente, está totalmente aceptado en medios científicos el que la vida, tal y como la conocemos, sobre todo la vida humana se debe a la existencia de la capa

de ozono. Por lo tanto, un deterioro notable de este filtro único podría tener consecuencias catastróficas para la vida del planeta.

El ozono se forma naturalmente a partir del O₂ molecular. En la estratosfera hay fotones que pueden tener energía suficiente para producir la escisión de la molécula de O₂ + hν → 2O. Los átomos de oxígeno son muy reactivos, chocan entre sí y forman O₂. Pero también chocan entre sí los átomos de oxígeno con las moléculas de oxígeno, en condiciones de radiación energética para formar O₃. Pero al igual que se forma el ozono se puede destruir según O₃ + O → 2 O₂. Esta última reacción no es demasiado rápida. Así pues, el ozono se está formando y destruyendo continuamente de forma natural, podemos decir que se alcanza un estado estacionario que permite que haya un remanente de ozono en la estratosfera, gracias a la diferencia de velocidad de las reacciones de formación y destrucción de tal forma que la concentración de ozono es constante.

Debido a que la formación de ozono depende de la intensidad de las radiaciones que van en aumento con la altitud y de la concentración de O₂, que disminuye con la altitud, las cantidades máximas de ozono se miden a una determinada altura: el 80% se encuentra entre 10-30 Km en la estratosfera, entre 0-10 Km sólo hay un 10% del O₃ total. De 35 Km en adelante hay el 10% del ozono total. La capa de ozono, es sumamente tenue y no tiene una distribución homogénea en el espacio, es más espesa en los polos y va decreciendo hacia el Ecuador. Pero al mismo tiempo, sufre variaciones según la época del año, la concentración de ozono es mínima en invierno y alcanza cantidades máximas en primavera (marzo - abril) en el hemisferio norte y septiembre y octubre en el hemisferio sur. En el Ecuador, debido a la mayor intensidad de las radiaciones se forma más ozono, sin embargo es en los polos donde se detecta mayor cantidad de ozono. Esto se debe, quizás, a corrientes de aire que lo desplazan hasta allí.

A finales de los sesenta se identificó el monóxido de nitrógeno (que se encuentra a nivel de trazas en la atmósfera, como catalizador de la destrucción del ozono, así un aumento de concentración de NO en la estratosfera, a unos 12 km de la superficie terrestre, puede ocasionar un descenso en la concentración de ozono. Con estos conocimientos se pudo alertar del peligro que suponía el proyecto de avión supersónico, en investigación durante los años 70, ya que este tipo de aviones quemaban combustible con aire a muy alta temperatura, pudiendo producirse en la combustión cantidades significativas de NO. Afortunadamente, razones de tipo económico hicieron inviable la utilización a gran escala de estos transportes. Sin embargo existen otras formas de generar NO, como el uso excesivo de abonos nitrogenados.

Los compuestos clorofluorocarbonados como el CFCI₃ y CF₂Cl₂ (denominados, en general, como freones, CFC), inventados por Thomas Midgley (qué también inventó el aditivo de Pb para la gasolina), son utilizados extensamente como disolventes en circuitos electrónicos integrados, en aerosoles y como refrigerantes en los frigoríficos. Los CFC se descomponen fotoquímicamente dando átomos de cloro, que catalizan la destrucción de ozono mucho mejor que los óxidos de nitrógeno. Una vez vertidos en la atmósfera los CFC tardan 10 y 15 años en llegar a la estratosfera (velocidad de difusión lenta) y tienen una vida media que supera los 100 años, es decir, el efecto de estos vertidos se produce con retraso pero podría compararse con el de una bomba con efecto retardado, pues tal es su repercusión: una sola molécula de CFC destruye 100.000 moléculas de ozono.

Ya en 1974, S. Rowland y M. Molina de la Universidad de California, investigaron estas reacciones y advirtieron por primera vez, de las repercusiones negativas que sobre la capa de ozono tendrían los vertidos de CFC, que de forma masiva, ya venían realizándose desde 1960, por lo que recibieron el premio Nobel de Química en 1995. En 1978 EEUU, Suecia, Noruega, Finlandia, Suiza y Canadá prohibían la utilización de los CFC con aerosoles. En 1985 los investigadores de la Antártida B. Gardiner, J. Forman y J. Shanklind descubrieron el agujero del ozono, confirmado posteriormente por un satélite de la NASA que indicaban una pérdida de ozono del 16% con respecto al año anterior, además de revelar las dimensiones del agujero del polo sur: 4,5 millones de Km², aproximadamente la mitad de la superficie de EEUU. En 1986 se detectó otra disminución de ozono de menor gravedad en el Norte, que se extendía desde Noruega hasta Leningrado. Actualmente se ha detectado otra disminución de la capa de ozono sobre el Ártico mucho más amplia y profunda que la descubierta en 1986. Se ha demostrado que hay relación entre la disminución de O₃ y el vertido de CFC. El Cloro liberado por los CFC, en forma de ácido clorhídrico, nitrato de cloro, se fija en las partículas de hielo de las nubes antárticas. Cuando en la primavera el Sol ilumina la Antártida libera el cloro, que inicia su ciclo de destrucción del ozono (Irwin, 2004). La Conferencia Internacional sobre sustancias destructoras de la capa de ozono acordó en julio de 1990 la total eliminación para el año 2000 de la producción de los CFC.

El adelgazamiento de la capa de ozono tiene como consecuencia una mayor penetración de las radiaciones UV, lo que provoca una mayor incidencia del cáncer de piel, daños oculares, la disminución de defensas inmunológicas y aumento de infecciones. El exceso de radiación UV comprometería el desarrollo de peces, crustáceos y mariscos y provocaría una caída espectacular de las producciones agrícolas. Por otro lado la capa de ozono tiene una importancia decisiva en el clima absorbe la mayoría de las radiaciones UV y evita que llegue calor a la superficie regulando así la temperatura de la Tierra.

A partir del texto sobre destrucción de la capa de ozono

- Comentar las ideas esenciales.
- Realizar un comentario crítico sobre el mismo, señalando qué medidas se pueden tomar para resolver el problema.
- Incremento del efecto invernadero
- ¿Qué sucede con la radiación del Sol que incide sobre la superficie terrestre?

Prácticamente la totalidad de la energía de nuestro planeta procede del Sol, lo que permite investigar el balance de energía y el calentamiento global de la tierra. Esta energía se determina a partir de la constante solar, definida como la energía por unidad de tiempo y de superficie de la luz del Sol cuando llega a la atmósfera terrestre. Su valor es de unos 1395 J/s.m² (la energía por unidad de tiempo es la potencia y su unidad es el Watt (W)). Por tanto el valor de la energía solar interceptada por la superficie iluminada de la Tierra durante un segundo es de 173.1012 kW. Representa el 99.9 % de la energía en la superficie terrestre. La pequeña parte del total de energía, que no es de origen solar, procede del calor interno de la Tierra (volcanes), de la energía de las mareas (debida a la interacción gravitatoria de la Luna, la Tierra y el Sol) y de la energía de la desintegración de sustancias radiactivas naturales.

Si la Tierra sólo absorbiese la radiación solar su temperatura estaría aumentando continuamente, pero esto no sucede así porque la Tierra también irradia energía al espacio. En efecto, aproximadamente un 30 % de la potencia solar incidente es reflejada directamente al espacio. Un 2 % es absorbido en la capa de ozono. Un 45 % es absorbido por la atmósfera, la superficie terrestre y los océanos y convertido en calor, que es radiado de nuevo (en especial por la noche) como infrarrojo. Otro 23 % es consumido en el ciclo hidrológico (evaporación, precipitación y circulación superficial del agua). Un 0.2 % produce vientos, olas y corrientes oceánicas. Por último, un 0.02 % es utilizada en la fotosíntesis.

El balance entre la potencia absorbida y la potencia emitida por la Tierra nos permite calcular la temperatura media de la Tierra. En los años 80 los científicos descubrieron que la temperatura media del planeta se había incrementado casi un grado el último siglo y que el nivel del mar había subido entre 10 y 15 cm en el mismo período. Esas investigaciones pusieron de manifiesto que este cambio climático se puede atribuir a la actividad humana, que se suma a la variabilidad natural del clima, debida entre otras causas al incremento de la radiación solar.

¿A qué puede ser debido el incremento de la temperatura media de la Tierra desde 1800?

La principal causa de esos problemas se debe a que, con la revolución industrial, la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ha aumentado en un 25 %, desde 280 partes por millón en volumen (ppmv) en el año 1800 a 360 ppmv en la actualidad. Este incremento es fruto de la actividad humana, especialmente a través de las reacciones de combustión de petróleo, carbón y gas natural utilizadas como combustibles en las industrias, los automóviles, aviones, las centrales eléctricas térmicas, etc., sin olvidar la que procede de los incendios forestales, que han aumentado espectacularmente en los últimos años. Esto contribuye a aumentar el problema puesto que los bosques y los océanos absorben unas 1500 millones de toneladas de CO₂ al año. Pero la humanidad produce unos 6000 millones de toneladas al año, que hace falta añadir a los 170000 millones de toneladas acumuladas desde la revolución industrial.

La contribución del dióxido de carbono al calentamiento global se explica de la siguiente forma. La Tierra recibe energía procedente del Sol. Esta energía cubre un ancho espectro de longitudes de onda que van desde el ultravioleta (UV), pasando por el visible hasta el infrarrojo (IR). Una parte de esta energía se refleja y otra se absorbe por la Tierra que vuelve a emitirla en forma de radiaciones IR. Parte de esta radiación es absorbida por la atmósfera antes de salir al espacio exterior. El CO₂ absorbe radiación IR y actúa como los vidrios o los plásticos de un invernadero impidiendo la pérdida de calor al exterior. En este proceso se acumula energía y cuando mayor es la cantidad de CO₂ mayor es la energía atrapada, por lo cual a este fenómeno se le denomina 'efecto invernadero'. Además de CO₂ hay otros gases que contribuyen al efecto invernadero como el metano, los clorofluorocarbonados, que también producen la disminución de la capa de ozono y los óxidos de nitrógeno.

¿Cuáles pueden ser las consecuencias del incremento del efecto invernadero?

Se ha predicho que, si continúan las tendencias actuales, el nivel de CO₂ a la atmósfera se doblará en 50 años. Esto daría como resultado un aumento global de la temperatura del planeta entre 1'5°C y 4'5°C según diferentes modelos antes de llegar a la mitad de este siglo. Este cambio está produciendo la fusión de la capa de

hielo del mundo (en la Antártida, Groenlandia, glaciares de la montaña, etc.) con la consiguiente elevación del nivel de la mar, que podría inundar o sumergir muchas ciudades costeras del mundo e islas del Pacífico. También está produciendo un incremento en el número de huracanes (por el calentamiento de los océanos, lo que unido al deshielo también está afectando a las corrientes oceánicas), lluvias torrenciales, inundaciones, sequías y otros cambios, que pueden afectar áreas agrícolas productivas, con el peligro de carencia de alimentos.

La opinión pública y los medios de comunicación suelen atribuir la responsabilidad del cambio climático, y de la contaminación en general, a la ciencia y la técnica. Pero, como hemos visto antes la ciencia ha contribuido a observar el cambio climático y a tratar de explicarlo, así como denunciar los efectos que puede producir y a proponer soluciones. Antes de la cumbre de Kioto (1992), 1500 científicos de renombre de 63 países, entre ellos 98 Premios Nobel de Ciencias (sólo había 171 vivos) firmaron un manifiesto en el que pedían a los líderes políticos de todo el mundo que se limitase la emisión de dióxido de carbono de sus países por tal de prevenir las consecuencias devastadoras del calentamiento global. En este manifiesto se decía que en 25 años haría falta mejorar mucho la eficiencia energética y sustituir los combustibles fósiles por energías renovables como la solar y la eólica. Pero como pudimos comprobar en aquella reunión de Kioto los políticos del primer mundo, especialmente de los Estados Unidos que, con un 5 % de la población mundial, son responsables de la emisión de un 25 % del CO₂ (unos 1400 millones de toneladas anuales) no estuvieron dispuestos a hacer caso ni a los científicos ni a las organizaciones ecologistas. Y estos políticos se comportan así porque las grandes empresas transnacionales de sus países (especialmente las petroleras y automovilísticas) piensan que la reducción de emisiones de CO₂ perjudica sus intereses a corto plazo.

Agotamiento del petróleo y del gas natural

Mencionar fuentes de obtención de hidrocarburos que conozcas

Se trata básicamente del petróleo y del gas natural. Entendemos por gas natural la gran cantidad de gases que en ocasiones, aunque no siempre, acompañan el petróleo líquido. El desarrollo del uso del gas natural se ha producido con posterioridad al uso del petróleo, ya que al principio se quemaba a la salida del pozo como un residuo más.

La composición del gas natural depende de su origen y está formada principalmente por los primeros alcanos, y el porcentaje disminuye al aumentar el peso molecular. Así el metano representa generalmente entre el 75 y el 95 % del volumen total de la mezcla. El etano, propano y butano aparecen siempre en proporciones menores. Puede contener otros gases como vapor de agua, hidrógeno, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.

El petróleo bruto o crudo tal como sale de los pozos tiene muy pocas aplicaciones. El petróleo, inicialmente, arrastra gases, cantidades variables de agua salada, fangos y trozos de roca, por ello, antes de transportarlo a las refinerías, debe sufrir los procesos de canalización, a través de ciclos para eliminar fangos y trozos de roca, y de estabilización, con el fin de separar los gases que se han absorbido y las fracciones ligeras. Como en el petróleo se encuentran hidrocarburos que contienen desde un átomo de carbono hasta 40 o más, es necesario proceder a un proceso de destilación fraccionada, que separe las distintas fracciones del petróleo: gases (de 1

a 4 carbonos), gasolinas (de 5 a 10), queroseno (de 10 a 16), gasoleo (de 16 a 25), fuel (de 20 a 40), residuos ligeros (de 18 a 22) y residuos pesados (de 30 a 40). La gasolina es la fracción del petróleo que tiene mayor consumo como combustible para los motores, pero tan solo un 20 % aproximadamente del petróleo está formado por fracciones de baja temperatura de ebullición que pueden utilizarse como gasolinas, y con eso no hay suficiente para la demanda existente. Por este motivo se han realizado numerosos estudios destinados a transformar las fracciones pesadas en otras más ligeras, así como a mejorar su calidad. Esto se logra con el "craqueo", proceso que consiste en la rotura de moléculas de hidrocarburos (a elevada presión y temperatura en ausencia de aire o con catalizadores y presiones y temperaturas más reducidas) de elevada masa molecular, para obtener moléculas más pequeñas que contienen de 5 a 8 átomos de C.

Justifica el interés que existe en la actualidad por el petróleo, desde el punto de vista técnico, social y económico.

Es tal importancia de los hidrocarburos en las sociedades desarrolladas, como fuentes de energía, en la industria, como materias primas en farmacia, insecticidas o fibras artificiales, que es imposible imaginar la vida cotidiana sin su uso. El gas natural se utiliza principalmente como combustible por su gran poder calorífico, por ser su combustión fácilmente regulable y poco contaminante y como materia prima para la fabricación de amoníaco (producto básico en la industria de los abonos) y también del metanol (para la fabricación de plásticos y proteínas sintéticas) y de otras materias básicas en la industria petroquímica como el etileno, propileno, butadieno, etc.

Hoy en día conocemos más de 3000 productos que se obtienen a partir del petróleo y el gas natural. Eso ha propiciado la aparición de industrias petroquímicas de elaboración y transformación de estos materiales, para la obtención de productos como plásticos, pinturas, fibras acrílicas, neumáticos, manufactura del caucho, detergentes, perfumería, disolventes, colorantes, productos farmacéuticos, plaguicidas, abonos, explosivos, esencias, etc. Con el fin de poder hacer frente a la demanda creciente de estos productos, la industria petroquímica ha debido pasar de la simple recuperación de los productos de las refinerías a operaciones de producción específicas, basadas en la utilización de tres materias primas fundamentales: a) Gases de síntesis. b) Olefinas. c) Hidrocarburos aromáticos, obtenidos a partir del refino del petróleo.

¿Qué problemas crees que plantea el enorme desarrollo de las industrias derivadas del petróleo?

El principal de estos problemas es el agotamiento, que los propios productores cifran en un plazo de menos de 40 años. Pero no hay que olvidar que estas estimaciones se realizan a partir de los datos de consumo actual, sin tener en cuenta el gran crecimiento de consumo que se está experimentando en países como India o China. Por otra parte, antes del agotamiento se producirán problemas de escasez y encarecimiento que pueden producir crisis económicas como la del petróleo de 1973.

Otro problema es que estamos utilizando mayoritariamente como combustible el petróleo, es decir lo quemamos, cuando es una materia prima crucial para la fabricación de productos sintéticos. Sin embargo, nos bebemos el alcohol que es un combustible excelente para los motores como se puede apreciar en muchos vehículos de Brasil.

Por último, señalar que los campos petrolíferos se encuentran habitualmente en zonas alejadas de los puntos de consumo, por lo que el petróleo se transporta desde los yacimientos por medio de oleoductos y petroleros hasta las refinerías. Entre los desastres más recientes se encuentran el hundimiento del "Exxon Valdez" en Alaska (1989), el incendio de los pozos petrolíferos de Kuwait por el gobierno de Irak en la 1ª guerra del Golfo (1991), la grave pérdida de petróleo por oleoductos rotos en la tundra rusa (1994) o el muy reciente hundimiento del "Prestige" en las costas españolas.

¿Cómo tratar estos temas?

Pero conviene salir al paso de una tendencia actualmente muy extendida de culpabilizar a la química y a los químicos de este problema. Prueba de ello es que, en el lenguaje cotidiano, a cualquier producto que se considera nocivo (o antinatural) lo etiquetamos con el adjetivo 'químico'. Lo cierto es que la responsabilidad de los científicos no es mayor que la de las empresas y gobiernos que los financian, imponiéndoles objetivos, o la de los consumidores y usuarios de dichos productos. Conviene poner de manifiesto que algunos científicos contribuyen al estudio de dichos problemas, a hacer conscientes de los mismos a la sociedad y a proponer soluciones, como energías y tecnologías alternativas. Por ello hay que destacar el papel de Rachel Carson en la denuncia de los efectos nocivos del DDT o de Rowland y Molina en el descubrimiento de los efectos de los clorofluorocarbonos en la capa de ozono. Incluso el tratamiento de catástrofes como Seveso o Bhopal puede contribuir a que los estudiantes comprendan, por ejemplo, como en el caso de Bhopal fueron debidas a negligencias de la empresa, que priorizó sus intereses económicos inmediatos a las medidas de seguridad, y la responsabilidad que tienen los científicos y técnicos que trabajan en las mismas de dar la voz de alerta, derecho reconocido por vez primera por sus sociedades profesionales en 1972 (González et al, 1996). En resumen, es necesario que los estudiantes comprendan que conocimiento y ética, sin responsabilidad, no pueden estar disociados (Solbes 2002). O como dijo el clásico, "la ciencia sin conciencia es la ruina del alma".

En segundo lugar, conviene tener en cuenta que se trata de problemas globales (Vílches y Gil, 2003), y en consecuencia, son multicausales, hay interacciones entre ellos y sus posibles soluciones son complejas. En ese sentido, los estudiantes inicialmente pueden pensar que cualquier medida cuyo objetivo sea disminuir el excesivo consumo de recursos y de energía debería ser bienvenida, para evitar su agotamiento y la contaminación (los problemas d y e, mencionados en la introducción de este trabajo). Pero también es cierto que hay una gran desigualdad (problema b) en la distribución de dichos recursos, en consecuencia el despilfarro de los mismos se debería reducir considerablemente en los países ricos, porque el problema principal de la mayoría de la población sobre el planeta es la escasez de energía y recursos, en muchos casos insuficientes para la satisfacción de necesidades vitales. Se entiende, en este contexto, la preocupación por la superpoblación de los países más pobres (problema a), que se convierte en una presión permanente sobre los recursos naturales, contribuyendo a su agotamiento, al tiempo que propicia la miseria (problema b) y la escasez (problema d).

Así, desde este complejo punto de vista, la solución no es la moratoria en el consumo global de energía y recursos, como se hizo en los CFC. Por eso el propio Rowland (en Irwin, 2004) señalaba: "Los CFC se trataba de gases fabricados por no más de 20 compañías y su empleo se concentraba en aplicaciones de la sociedad

opulenta. La energía de los combustibles fósiles, en cambio, es usada por todos casi todos los días y en todas las actividades”.

En el tema de la energía la solución pasa por un necesario cambio en su distribución (reducción de su consumo en los países desarrollados, reducción del consumo de combustibles fósiles). Lo cual implica que es preciso considerar las distintas fuentes de energía y recursos disponibles hoy y en el futuro, sus posibilidades y su impacto ecológico, a fin de alcanzar un equilibrio entre el bienestar material de los pueblos y el daño medioambiental.

No es razonable confiar en milagros “científicos” (porque vulgarmente se suele decir que “las ciencias adelantan que es una barbaridad”) o en soluciones simplistas (las fuentes de energía maravillosas, como el hidrógeno o la nuclear reencontrada). Resulta urgente avanzar más en el conocimiento científico de estos problemas, fomentando la investigación en todas las disciplinas relacionadas con ellos. Sólo una combinación de medidas educativas (que conciencien de los mismos), de medidas políticas y sociales (que universalicen los derechos humanos para evitar los excesos y las desigualdades) y de medidas científicas y tecnológicas (nuevas fuentes de energía más limpias y seguras, tecnologías alternativas y con menor consumo de recursos, como las nanotecnologías) servirá para avanzar hacia un desarrollo sostenible.

En tercer lugar, hay que evitar que los estudiantes piensen que estos son grandes problemas a cuya solución no pueden contribuir personalmente. Hay que insistir en el papel de las “pequeñas” acciones individuales (en casa, en el barrio, en el Instituto o la Universidad) que respondan al planteamiento de pensar globalmente, pero actuar a un nivel local. A este respecto es muy instructivo el libro “50 cosas sencillas que tu puedes hacer para salvar la Tierra” (The Earth Works Group, 1992), en concreto, se habla del aumento de eficiencia en el uso de energía (bombillas de bajo consumo, transporte público, bicicletas en lugar de coches, etc.), en el uso del agua (por ejemplo, ducharse en vez de bañarse). Tampoco hay que olvidar su papel como ciudadanos (Solbes y Vilches, 2004).

Desde esta perspectiva, también existen llamamientos de diversas instituciones, como la BSCS (Innovative Science Education) y la AMA (American Medical Association) (1994) planteando la necesidad de enseñar ética y política pública en clase de ciencias, para poder educar en valores asociados con las nuevas finalidades de formar científicos y futuros ciudadanos responsables. Se pretende que los estudiantes sean capaces de realizar evaluaciones sobre varios desarrollos científicos y tecnológicos (Hodson, 1994; Solbes 2002; Solbes y Vilches, 2004), como los que han ocasionado los problemas abordados en el apartado sobre los temas que se pueden tratar.

Esto se puede realizar con actividades como las que proponemos a continuación:

I.- El crecimiento del uso de motores térmicos, centrales termoeléctricas, etc., ha hecho posible, un gran desarrollo de los transportes, la producción de energía eléctrica, etc.

- Evaluar los impactos de todo tipo de ese desarrollo.
- Señalar los grupos implicados en dicho desarrollo y sus intereses.

- Mostrar las diferentes valoraciones y argumentos de dichos grupos sobre los problemas de dicho desarrollo, para llegar a decisiones que intenten solucionarlos.
- ¿Qué se puede hacer para llevar estas decisiones a la práctica?

Hay que empezar con la evaluación de riesgos ambientales y para la salud de los impactos sociales, económicos, culturales, etc., de los desarrollos científicos y tecnológicos.

A continuación se trata de poner de manifiesto los actores sociales implicados (Estado, empresas transnacionales, científicos, empresarios, etc.), así como los intereses y valores subyacentes en sus opciones y decisiones sobre ciencia y tecnología, ocultos por la aparente neutralidad de la ciencia y tecnología.

Verán así los estudiantes que hay diferentes valoraciones y que es necesario comparárlas, argumentarlas, para llegar a conclusiones. Esto debe conducir a juicios éticos que pueden realizarse atendiendo a la contribución de dichos desarrollos a la satisfacción de necesidades humanas (sin olvidar que el conocimiento es una de ellas) y a la solución de los problemas del mundo. Para las evaluaciones de determinados desarrollos será importante que sean capaces de distinguir si los objetivos las fijan instituciones, grupos o personas que anteponen su rentabilidad económica, que buscan intereses particulares a corto plazo, con comportamientos agresivos con el medio físico y nocivo para los seres vivos.

Por último, es necesario traducir los argumentos y conclusiones en actuaciones, en una mayor participación social, en implicación políticas públicas: escritos y declaraciones, solicitudes, participación proyectos, votaciones, sin olvidar el importante y creciente papel de Organizaciones no Gubernamentales u otras organizaciones sociales.

Es obvio que trabajar en el aula estos aspectos no es sencillo (Solbes y Vilches, 2004), pero esta complejidad no debe significar que no se realicen valoraciones, si lo que se pretende es la alfabetización científica y tecnológica, la preparación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. Una propuesta muy interesante para los estudiantes es realizar las evaluaciones mediante juegos de rol en que los estudiantes asumen determinados roles (empresario de telefonía móvil, de antenas, científico, ecologista, alcalde, etc.).

Conclusiones

La enseñanza de la Química ofrece una plataforma privilegiada para tratar los problemas referentes a la contaminación y al agotamiento de recursos, tanto en niveles secundarios como universitarios.

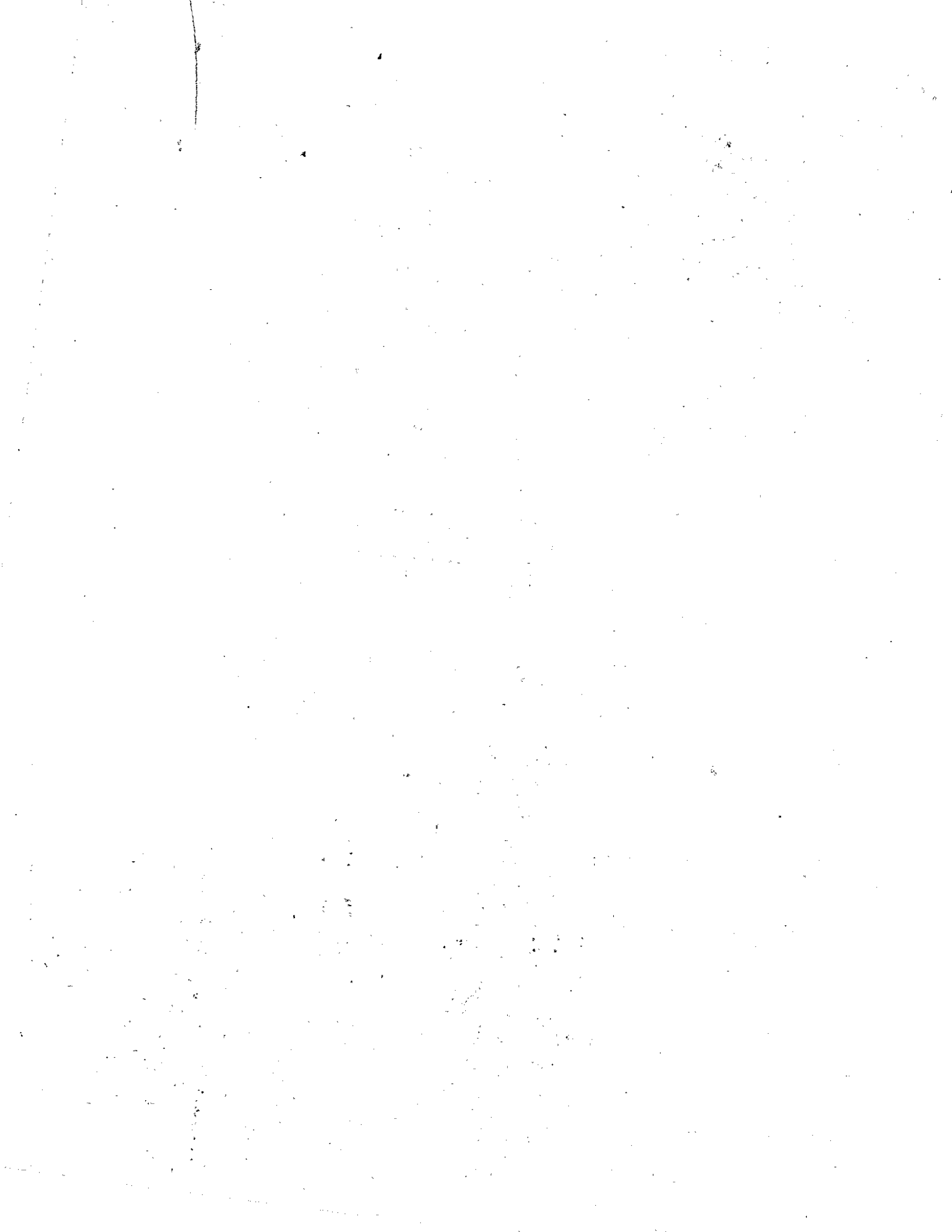
Pero para hacerlo hay que salir al paso de una tendencia actualmente muy extendida de culpabilizar a los científicos, ya que estos son tan responsables como los empresarios, políticos o consumidores y, por otra parte, dichos científicos contribuyen al estudio de dichos problemas, a hacer conscientes de los mismos a la sociedad y a proponer soluciones, como energías y tecnologías alternativas, etc.

También conviene tener en cuenta que se trata de problemas globales y, en consecuencia, son multicausales, hay interacciones entre ellos y sus posibles soluciones son complejas.

Por último, hay que resaltar el papel de las "pequeñas" acciones individuales y aprovecharlos para contribuir a la formación de ciudadanos.

Bibliografía

- BROWN, L.R. et al. (1984-2000). La situación del mundo. Barcelona, Icaria.
- BSCS (Innovative Science Education) & AMA (American Medical Association) (1994). Genoma Humano. Ciencia, Ética y Política Pública, Valencia: Edicions Alfons el Magnànim.
- COMISION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). Nuestro futuro común. Madrid: Alianza.
- COUNCIL OF THE MINISTERS OF EDUCATION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (1988). Resolution on Environmental Education, Official Journal of the European Communities, (C177/8).
- DELORS, J. (Coord). (1996). La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI. Madrid: Santillana.
- FIEN, J. (1995): Teaching for a sustainable world: The Environmental and Development Education Project for Teacher Education. Environmental Education Research. 1 (1), pp. 21-33.
- GIL, D., VILCHES, A., ASTABURUAGA, R., EDWARDS, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas, Investigación en la Escuela, 40, pp. 39-56.
- GONZÁLEZ, M.I., LÓPEZ CERREZO, J.A. y LUJÁN J.L. 1996, Ciencia, Tecnología y Sociedad, Madrid: Tecnos
- HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalisation and Politisation of Science Education, Curriculum Studies, 2 (1), pp. 71-98.
- IRWIN, A. (2004). Un cuento de hadas medioambiental. Las ecuaciones de Molina-Rowland y el problema de los CFC. En FARMELO, G. (ed.). Formulas elegantes. Grandes ecuaciones de la ciencia moderna. Barcelona: Tusquets Editores.
- MARCO, B. (2005). El accidente químico de Bhopal y sus acentos de contexto. Aproximación del tema al alumnado de secundaria. Enseñanza de las Ciencias, nº extra, VII Congreso.
- NACIONES UNIDAS (1992): UN Conference on Environment and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles, París, UNESCO
- ORR, D.W. (1995): Educating for the Environment. Higher Education 's Challenge of the Next Century. Change, May/June, 43-46.
- THE EARTH WORKS GROUP. (1992). 50 cosas sencillas que tu puedes hacer para salvar la Tierra. Barcelona: La Caixa.
- SOLBES, J. (2002). Les empremtes de la Ciència. Ciència, Tecnologia, Societat: Unes relacions controvertides. Alzira: Germania.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). Papel de la relaciones CTSA en la formación ciudadana, Enseñanza de las Ciencias 22 (3), pp. 337-348
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003) Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia. Madrid: Cambridge University Press.

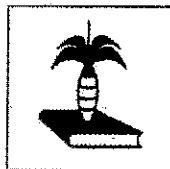


Didáctica de las ciencias

Nuevas perspectivas

Compilación

Esta compilación ha sido concebida como contribución a la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, instituida por la Organización de Naciones Unidas para el periodo 2005-2014 y como repertorio de los temas debatidos en el IV y V Congresos Internacionales de Didáctica de las Ciencias, celebrados en La Habana.



Compilación: Lic. Carlos Sifredo Barrios
Edición: Dr. C. María Julia Moreno Castañeda
Corrección: Lic. José Luis Leyva Labrada

@ sobre la presente edición, Ministerio de Educación, 2008

@ sobre la presente edición, sello editor Educación Cubana, 2008

ISBN 978-959-18-0350-4

Sello Editor EDUCACIÓN CUBANA
Dirección de Ciencia y Técnica
3ra. y 16. Miramar, Playa.
Ciudad de La Habana, Cuba
Tlf: 202 2259 Correo-e: organoeditor@dct.rimed.cu

ÍNDICE

Década de la educación para un futuro sostenible (2005-2014). Llamamiento de Naciones Unidas a todos los educadores/ 1

Cultura y formación científica: derecho de todos/ 22

Promover interés por la cultura científica. Cambio en las actitudes del alumnado con una enseñanza problematizada/ 29

Enseñanza aprendizaje de las ciencias: ¿interdisciplinariedad o integración?/ 64

Cultura científica y ambiental en el Decenio de la educación por el desarrollo sostenible/ 76

Educación científica y tecnologías de la información y las comunicaciones/ 95

Habilidades para la vida: contribución de la educación científica en el marco de la Década de la educación para el desarrollo sostenible / 112

Educación Bioética: puente hacia la sustentabilidad/ 119

Experimentos impactantes: alternativa para la educación científica en el nivel medio/

Educación para la sostenibilidad en el currículo de Física: estudio de la energía como ejemplo privilegiado para abordar la situación del mundo/ 143

Sostenibilidad en el currículo de Química/ 149

Producción y utilización del audiovisual educativo: mirada desde las Ciencias Naturales/ 169

Macroscopio: instrumento fundamental de la necesaria revolución por la sostenibilidad/ 189

Concepciones espontáneas sobre la situación del mundo: aspecto ignorado en la investigación sobre concepciones alternativas/ 206

Atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria/ 237

