

## MEDIOAMBIENTE Y SALUD

**Pedro García Barreno**

Hospital General Universitario Gregorio Marañón

Real Academia de Ciencias

26 noviembre 1996

---

1. **Medio ambiente**
  2. **La doble cara del ozono: la lluvia ácida y el agujero de ozono.**
  3. **El efecto invernadero.**
  4. **Los residuos.**
  5. **La energía.**
    - La energía como riesgo indispensable: la electricidad como problema.**
    - Energía nuclear.**
  6. **De la desertización al último edén.**
  7. **La industria alimentaria: el síndrome tóxico y las vacas locas.**
  8. **Etnobotánica.**
  9. **Referencias**
- 

1. **Medio ambiente** puede definirse como *el conjunto, en un momento dado, de los aspectos físicos, químicos, biológicos, culturales y sociales del entorno, susceptibles de ejercer un efecto directo o indirecto, inmediato o a largo plazo, sobre el propio medio, los seres vivos y las actividades humanas*. El meollo de la cuestión es encontrar un equilibrio entre las necesidades de la humanidad y la preservación del medio ambiente, equilibrio que habrá de conjugar el progreso y la cadena ecológica entre los humanos y la naturaleza, el medio ambiente físico y el medio ambiente social. Teniendo en cuenta que la naturaleza tiene su propia capacidad de autodepuración y reciclaje y, que por tanto, las emisiones o las inmisiones de productos contaminantes pueden variar de un lugar a otro afectando al bienestar de forma diferente, se puede definir la **contaminación ambiental** como *la alteración de las condiciones del medio ambiente por la presencia de agentes físicos, químicos o biológicos, ajenos al mismo, en grado tal que pueda resultar perjudicial para las personas, animales, plantas u objetos, y producir un deterioro en la calidad de vida*.

Toda actividad, sea del medio natural, humana o industrial, conlleva la posibilidad de que se produzcan efectos adversos espontáneos o debidos a fallos involuntarios o de funcionamiento defectuoso. De igual modo, cualquier toma de decisiones, cualquier elección, plantea incertidumbres. La posibilidad de que aparezca un efecto adverso o de que la toma de una decisión no sea la correcta, viene definida por una probabilidad; es el riesgo. Matemáticamente el riesgo se cuantifica mediante el producto de la probabilidad de un cierto accidente o de un efecto adverso, por el daño producido.

Ante la imposibilidad de vivir en un mundo absolutamente seguro, individuos y sociedad aceptan determinados riesgos. Es la percepción del riesgo que, en numerosas ocasiones, nada tiene que ver con su cuantificación objetiva; lo que puede ser un riesgo científicamente aceptable puede no serlo socialmente y al revés. Los riesgos catastróficos tienen especial importancia. Nuestra

sociedad valora las libertades individuales; la sociedad suele aceptar el riesgo individual elegido libremente, aunque nunca aceptará el riesgo impuesto, sea natural o no. Pero el riesgo no es neutral; a penas trasciende en la pobreza. Existen regiones en el planeta donde se vive en riesgo permanente; vivir es el riesgo. A excepción de esta situación extrema, el máximo riesgo es nacer.

Una vez en el mundo, nuestra presencia es interactiva; si bien el medio ambiente supone un riesgo -de terremotos, de erupciones volcánicas, de sequías o de inundaciones- para la humanidad, ella representa para el medio ambiente un riesgo no menos desdeñable. El riesgo natural es meramente aleatorio, no es controlable; la civilización si debería serlo. En este toma y daca, ¿qué nos preocupa?; principalmente, las noticias, las cabeceras o los titulares de los medios de comunicación referentes a los riesgos medioambientales provocados por el hombre: lluvia ácida y destrucción ambiental; agujero de ozono y cáncer; producción de energía y efecto invernadero; energía y cáncer; producción de alimentos y desertización; manipulación de alimentos y cáncer. Todas y cada una de las relaciones señaladas apuntan a una misma preocupación: salud y medio ambiente van de la mano.

Con todo, es paradójico que a finales del siglo XX no existan datos comparativos fiables de los problemas reales de la salud mundial. No hay compilaciones estandarizadas de información comparable respecto a la morbilidad, las minusvalías o la mortalidad, en las diferentes poblaciones del mundo. También es muy limitada la información, tanto a nivel mundial como regional, de los comportamientos y las exposiciones en cuanto factores de riesgo, y aunque la comunidad demografista publica de manera rutinaria proyecciones poblacionales y de fertilidad, las prospecciones futuristas se han referido a un número limitado de causas de muerte, por ejemplo al virus de la inmunodeficiencia adquirida humana, y ello en poblaciones seleccionadas.

Con frecuencia, las estadísticas sanitarias son proporcionadas tanto por epidemiólogos de la comunidad científica, como por organizaciones privadas desde el lado de la ciudadanía. Tales organizaciones, bien intencionadas, suelen tener agendas específicas y la información que proporcionan está, en ocasiones, sesgada. Sin embargo, los problemas de salud en los que no existe una denuncia social suelen ser ignorados hasta que un grupo social descubre o redescubre un problema o cuando la negligencia oficial provoca una crisis. El redescubrimiento del problema global de la tuberculosis es un ejemplo clásico. Desde el lado oficial, la pobreza informativa suele ser sinónimo de que un problema es poco importante; actitud que suele generar un fenómeno de autopropagación. En este ambiente no debe sorprender que diferentes programas sanitarios a nivel de organizaciones internacionales utilicen sus propios medios de consulta. La formulación de políticas de salud pública necesita información independiente, objetiva, de la magnitud de los problemas sobre la base de unidades estándar de medida y métodos comparables.

Un esfuerzo de este tipo lo representa el *Global Burden of Disease Study* (GBD). El estudio se inició en el año 1992 a instancias del Banco Mundial. Los resultados finales de cuatro años y medio de estudio acaban de publicarse en la revista *Science*, en su número correspondiente al día uno de este mes de noviembre. El estudio tuvo cuatro objetivos específicos: 1º) desarrollar estimaciones de mortalidad de 107 causas principales de muerte, en relación con la edad y el sexo, en todo el planeta y en ocho regiones geográficas; 2º) desarrollar estimaciones de la incidencia, la prevalencia y la duración de 483 minusvalías resultantes de las causas anteriores; 3º) estimar la mortalidad y minusvalías atribuibles a diez factores de riesgo, y 4º) desarrollar escenarios de proyección futura. El estudio se ha basado en la colaboración de cien investigadores que, en más de veinte países, han estudiado cerca de catorce millones de individuos que fallecieron en el año 1990.

Tres conclusiones específicas deben resaltarse. Cuando se contempla el peso de las

enfermedades no mortales, la percepción de prioridades cambia. La importancia de los trastornos discapacitantes, minusvalías, queda representada por la enfermedad depresiva. En segundo lugar, la violencia tiene un peso específico relevante. Por último, el tabaco mantendrá su protagonismo durante los próximos treinta años (**Tablas I - IV**).

**2. La doble cara del ozono: la lluvia ácida y el agujero de ozono.** La lluvia ácida no es un descubrimiento reciente. En Inglaterra, hace más de cien años, coincidiendo con el nacimiento de la Revolución Industrial, el primer inspector de la contaminación del aire, Robert Angus Smith, acuñó el apelativo para describir la lluvia contaminada en su ciudad de Manchester. Se dio cuenta de que el aire, en la ciudad, no solo era desagradable sino también ácido y que ello estaba atacando a las plantas, a la piedra y al hierro. El hallazgo y la frase se olvidaron durante algún tiempo.

En diciembre de 1952, un episodio agudo de contaminación -un denso *smog* especialmente desagradable, una niebla como puré de guisantes, fue la descripción dada- ocultó Londres durante una semana; murieron cuatro mil personas a causa de crisis cardiopulmonar. En los 60s, científicos escandinavos ligaron la contaminación atmosférica exportada por Inglaterra y por los países centroeuropeos con la acidificación de los ríos y de los lagos nórdicos; acidificación, que supuso el comienzo de la desaparición de la fauna piscícola.

La lluvia es, normalmente, ligeramente ácida; su pH es, aproximadamente, 5.6. En la Europa central el pH es más ácido, pero también lo es en países periféricos, como Irlanda y Portugal. En algunas tormentas el pH de la lluvia es menor que 3, y el de las gotas de agua en la niebla puede ser aún más ácido. Sin embargo, el fenómeno de la lluvia ácida se ha convertido en un importante tema político que ha enturbiado las relaciones entre contaminadores y contaminados: por ejemplo, entre Inglaterra y Noruega o entre USA y Canadá. La contaminación atmosférica puede extenderse a través de miles de kilómetros, atravesando continentes y océanos. Y aunque Europa es el lugar más afectado, existen datos de agresión ácida ambiental en Australia, México o China. La contaminación ambiental es un problema global.

Uno de los protagonistas en la lluvia ácida es el dióxido de azufre. Los sapropeles, el plancton y los volcanes, son importantes fuentes naturales, quizás responsables del 50%. La otra mitad es aportada por la combustión del carbón y del petróleo que, en el caso de la Europa central, llega a representar el 85%. Una vez en la atmósfera, el SO<sub>2</sub>, en el ambiente húmedo de las nubes, será transformado a ácido sulfúrico. Pero no todo el SO<sub>2</sub> sufrirá esta transformación; el contaminante expelido por una chimenea puede desplazarse de forma bastante estable cientos de kilómetros en una masa de aire seco. En una gran parte de Europa, la mayor parte del SO<sub>2</sub> se deposita en el suelo como tal. Otro de los papeles estelares en la lluvia ácida lo representan los óxidos de nitrógeno, proporcionados por las combustiones que tienen lugar en las centrales eléctricas y en los motores de explosión. Una atmósfera mucho más reactiva químicamente que hace pocas décadas, proporciona los catalizadores acidificantes: partículas de metales, ozono, peróxido de hidrógeno y amoníaco.

A partir de la década de 1950, los peces, principalmente la trucha y el salmón, han ido desaparecido paulatinamente de cientos de lagos y de varios grandes ríos del sur escandinavo así como de numerosos lagos escoceses. Sin embargo, la causa no es la acidez, sino el envenenamiento por aluminio que, en condiciones normales, está fijo, en forma insoluble, en la tierra. Es el anión sulfato depositado el que libera al aluminio y lo encauza hacia los ríos, donde interfiere la función de las agallas de los peces. La mezcla de aluminio y de ácido tiene un profundo efecto sobre la ecología fluvial.

Por otro lado, los primeros signos de patología boscal datan de mediados de los 70s, en los

Alpes. En 1986, un estudio europeo señaló que cerca del 30% de los árboles holandeses estaban enfermos; en Alemania occidental lo estaban el 20%, y en Checoslovaquia y en Suiza, el 15 %. La agresión es doble; en primer lugar, la movilización del aluminio del suelo arrastra consigo nutrientes esenciales, deplección que debilita la vegetación. Por otro lado, el dióxido de azufre bloquea los estomas de hojas y púas bloqueando la fotosíntesis; además, el ozono y el sulfato amónico son tóxicos para las plantas.

¿Son inermes las plantas a la agresión?. A nivel local, tras una agresión mecánica o biológica, el tejido lesionado produce compuestos que desencadenan la reacción de alarma. Si en los tejidos de los mamíferos se liberan prostaglandinas, en las plantas lo hacen oxilipinas, que serán vehiculados a través del floema por toda la planta, activando a distancia una familia génica que codifican *proteínas sistémicas de respuesta a la agresión* equivalentes a las proteínas de fase aguda en el hombre.

Por su parte, los animales son capaces de huir de la agresión y de avisar del peligro a sus congéneres próximos; las plantas no pueden huir, en cambio responden al ataque de diversas plagas elaborando determinados productos que repelen a los atacantes o atraen depredadores para ellos. En numerosos casos, tales compuestos son odorantes que pueden servir, también, de señales de comunicación; tal interpretación originó, a principios de los 80s, la teoría, entonces cuestionada, de que algunas plantas comunican entre ellas la presencia de patógenos y de predadores.

Si los vegetales reaccionan, ¿lo hacen las piedras?. Un aspecto de los efectos de la contaminación, en especial de la lluvia ácida, que llama extraordinariamente la atención, es su devastador efecto sobre los edificios y los materiales de construcción. Hasta la década de los ochenta, este fenómeno no recibió gran atención por parte de la comunidad científica. Aunque el efecto de la contaminación es máximo en los exteriores, existe una patología similar en los ambientes interiores, donde las obras de arte, las pinturas, son el principal blanco. Pero también los pétreos interiores se resienten.

Ambientes interiores que también afectan al hombre; la asbestosis y la legionelosis, son dos ejemplos. Asbesto es un término general referido a materiales fibrosos -anfíboles y serpentinas- constituidos, principalmente, por silicato magnésico; material que puede disgregarse en finas y largas fibras, flexibles y termorresistentes, que se utilizan en la fabricación de textiles para protección del calor y del fuego o como carga de plásticos y otros materiales. Su inhalación prolongada provoca una pneumoconiosis peculiar -asbestosis- caracterizada por fibrosis pulmonar asociada a mesotelioma pleural y carcinoma broncogénico. Las fibras referidas actúan como agentes de transfección que median la captura de DNA exógeno por parte de las células; incorporación que puede originar mutaciones variadas y contribuir a la oncogénesis inducida por la fibra.

Por su parte, la legionelosis es una grave enfermedad contagiosa causada por la bacteria *Legionella pneumophila*, caracterizada inicialmente por un cuadro de tipo gripal al que sigue un cuadro pneumónico severo y, a veces, la muerte. La enfermedad de los legionarios se produce por inhalación de aerosoles contaminados, como las torres de acondicionamiento de aire, nebulizadores, duchas, etc.; fue diagnosticada por vez primera a raíz de un brote pneumónico surgido en una convención de la Legión Americana en un hotel de Filadelfia en el año 1976.

Salgamos de nuevo. En el exterior existe una clara superioridad de la piedra. La piedra artificial por excelencia es el hormigón armado; sin embargo, es la más perecedera de todas, pues su esqueleto de hierro termina oxidándose inexorablemente. Al oxidarse, los redondos aumentan de tamaño y el hormigón explota arruinando la estructura. Ninguno de los primitivos puentes de hormigón armado construidos en España está en pie hoy día. Puede ser que el mejor ejemplo sea el

hecho de que todas las reconstrucciones que de hormigón armado se hicieron en la ciudad romana de Leptis Magna, en Trípoli, situadas al borde del mar y, por tanto, con una atmósfera muy agresiva, se arruinaron en los años 60, a los treinta años de su construcción.

Cuando las piedras descansan, permanecen mudas; cuando trabajan, cantan, y cuando la fatiga es insoportable, lloran. Escuchando la música de las piedras puede determinarse las tensiones de trabajo a las que están sometidas; la auscultación de los trenes de ondas elásticas es de gran utilidad en ingeniería geológica, edificatoria, metalúrgica y minería. Con esta técnica cabe predecir derrumbes en minas con una antelación de dos horas. Un sillar de un edificio derrumbado, que en su día estuvo sometido a una carga determinada, no vuelve a emitir ondas elásticas hasta que vuelve a recuperar la tensión de comprensión primitiva, lo que permite determinar la posición exacta que aquel ocupaba en la construcción primitiva. Las piedras tienen, por tanto, memoria.

Con mayor o menor grado todas las piedras son porosas y constantemente higroscópicas. Una vez saturadas de agua, si la temperatura externa desciende lo suficiente, el agua de las capas superficiales se hiela y el aumento de volumen provoca la exfoliación de tales capas. Junto con este fenómeno de heladicidad, la meteorización secundaria a la lluvia ácida erode la piedra, bien sea arenisca, mármol o calcáica. La piedra caliza Portland que conforma la catedral de St. Pauls, en Londres, ha sufrido una erosión de, aproximadamente, 80  $\mu$ m año durante el periodo 1727-1982.

**El agujero de ozono.** En todo este entramado, el ozono es un enigma; mientras que representa una amenaza a ras de suelo, es algo extraordinariamente beneficioso en la estratosfera. Junto a su participación destacada en la lluvia ácida, el ozono daña vegetales y diferentes materiales, aparte de provocar enfermedades pulmonares. El ozono, el oxígeno triatómico, se forma en presencia de luz solar mediante reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y las trazas de hidrocarburos que se encuentran en el aire. En las megalópolis, aproximadamente los dos tercios del ozono urbano es producido a partir de sus precursores presentes en las emisiones de los tubos de escape de los vehículos con motor de explosión, aunque en el medio extraurbano las centrales eléctricas son las principales productoras de óxidos de nitrógeno y, por su parte, los hidrocarburos se originan de casi todo, desde los solventes orgánicos hasta el metano producido en los abonos orgánicos o el liberado en los sondeos de gas en el Mar del Norte. No debe sorprender que la cantidad de ozono urbano se halla duplicado en Europa en los últimos cuarenta años. El ozono no es más que uno de los productos de las reacciones entre contaminantes industriales con el beneplácito solar; ozono que acelera la formación de ácidos. Una de las consecuencias del incremento de la reactividad de la sopa química industrial es la formación de la calima canicular que es, usualmente, un aerosol de sulfatos y de nitratos; sopa que, en Los Ángeles, en California, produce en ocasiones una neblina con un pH 1.7.

Pero ante todo, la tenue capa de ozono que se extiende entre, más o menos, los 25 a 50 kms sobre nuestras cabezas, es un componente esencial del sistema de soporte vital del planeta Tierra; sin esa capa, sin el ozono estratosférico, es dudoso que hubiera vida, nuestra vida, en el planeta. Hace algo más de cuatro mil millones de años la radiación ultravioleta solar que alcanzaba la tierra aseguraba un ambiente estéril; hoy, los hospitales utilizan tal radiación como medio de esterilización. Sin embargo en aquella era, en el medio marino, la luz filtrada por diez metros de agua alcanzaba tal profundidad desprovista de las longitudes de onda más agresivas, pero con la suficiente energía para provocar las reacciones químicas precursoras de la vida; entre otras, las productoras de oxígeno.

Muchos de los organismos primogenios sucumbieron ante la toxicidad de ese nuevo gas; otros desarrollaron mecanismos de protección y, los más, se hicieron dependientes del oxígeno. Oxígeno que condicionó la evolución de dos maneras. En primer lugar, permitiendo el desarrollo de

sistemas energéticos eficaces y, en segundo lugar, al absorber la radiación ultravioleta más energética permitió que la vida colonizara el planeta. El ozono se forma, precisamente, en esa interacción entre la molécula de dióxigeno y la luz ultravioleta de máxima energía. El ozono es una forma de oxígeno que tiene tres átomos por molécula, es trioxígeno ( $O_3$ ) en vez de la forma habitual de oxígeno, el que respiramos, que tiene dos moléculas de oxígeno por molécula, es dióxigeno ( $O_2$ ). La radiación ultravioleta de menor longitud de onda rompe la molécula de dióxigeno en dos átomos de oxígeno libres muy reactivos, que formarán ozono al combinarse con oxígeno molecular, liberando calor. Con ello, la luz ultravioleta se absorbe y la estratosfera se calienta.

A su vez, el ozono reacciona con la luz ultravioleta de mayor longitud de onda, descomponiéndose en moléculas de dióxigeno y átomos de oxígeno, que reinician el ciclo. Junto a ello, la participación de óxidos de nitrógeno y de azufre procedentes, en condiciones naturales, de erupciones volcánicas, provoca la destrucción irreversible del ozono. El resultado es un ciclo estratosférico del ozono que se mantiene en un balance dinámico que puede ser alterado por las actividades humanas, aunque sin despreciar a los cataclismos naturales como las erupciones volcánicas masivas, que tienen un notable efecto puntual sobre la capa de ozono.

Los primeros estudios sobre una posible depleción del ozono se centraron en la posible influencia de los nuevos diseños de aviones supersónicos que volarían en la estratosfera, y de las pruebas nucleares en la atmósfera. Los resultados no fueron en modo alguno concluyentes. En 1974 apareció el trabajo pionero, de una serie interminable, que involucraba a los clorofluorcarbonos (CFCs), como el halón y el freón, utilizados universalmente en los sistemas de refrigeración, extintores de incendios, aerosoles, espumantes, y en un largo etc., en el proceso de degradación del ozono. Y, en 1982, científicos que trabajaban en la estación Antártica británica, en bahía Halley, detectaron el agujero de ozono. Las mediciones realizadas regularmente desde 1950 habían demostrado la constancia de la concentración de ozono en la atmósfera. En cuestión de pocas semanas detectaron fluctuaciones significativas. La capa de ozono es máxima en los polos debido al efecto sumidero -más evidente en el hemisferio austral- de la rotación terrestre. Durante el invierno polar, en ausencia de luz solar, las condiciones atmosféricas favorecen las reacciones químicas preparatorias para que, durante la primavera antártica, cuando es máxima la radiación ultravioleta, se produzca la fotoliberación del cloro de los clorofluorcarbonos y, con ello, la desaparición de una parte importante de la capa de ozono en la estratosfera.

Si bien el ozono en nuestro medio inmediato es un irritante pulmonar y un ingrediente de la lluvia ácida, la capa estratosférica de ozono representa un paraguas de seguridad. De los tres tipos de luz ultravioleta, en el momento actual la luz ultravioleta C, la de menor longitud de onda y mayor energía, no alcanza la superficie terrestre. En el laboratorio, la radiación C destruye a los ácidos nucleicos y a las proteínas, las moléculas básicas de la vida. La luz ultravioleta B, de características medias, ha incrementado su presencia desde el año 1982, año en que comenzó un incremento en la incidencia de melanomas, un cáncer muy agresivo de la piel. Que se conozca, la de clase A, de mayor longitud de onda y menor energía, solo tiene efectos cosméticos moderados.

**3. El efecto invernadero.** Pero el atrapamiento la luz ultravioleta en la estratosfera por el ciclo del ozono es también responsable, al menos en parte, del calentamiento atmosférico. Pero, ¿qué es el efecto invernadero?. Ya intuido a mediados del pasado siglo, el efecto invernadero se refiere al cambio climático provocado por un aumento de la temperatura ambiental a consecuencia de una mayor concentración de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en la atmósfera, que, aunque permite que la radiación amarilla solar llegue a la tierra, impide que parte de la radiación infrarroja devuelta por la tierra pueda volver al espacio; esta radiación se refleja de nuevo y, por lo tanto, facilita un cambio

de clima. La intensa utilización de combustibles fósiles es la principal causa del efecto invernadero que, en ocasiones, ante condiciones climáticas muy estables, representa un problema local, clásico de las grandes ciudades industrializadas.

Agujero de ozono y efecto invernadero son dos de los tópicos de la contaminación ambiental provocada por el hombre; pero, ¿y la naturaleza?, ¿es neutral? No. Además de los efectos inmediatos y cercanos a la zona de erupción, por la emisión de SO<sub>2</sub>, CO y otros compuestos los volcanes pueden causar víctimas de manera directa o envenenar los pastos que ingieren los ganados. Los volcanes, incluso en periodos de reposo, emiten grandes cantidades de SO<sub>2</sub> que se dispersan a escala global por la troposfera y por la estratosfera, persistiendo a veces durante varios años en forma de aerosoles de ácido sulfúrico, aunque son las erupciones explosivas las principales fuentes contaminantes. Erupciones como la de El Chinchón, en México, en 1982, pueden liberar 10 Mt de SO<sub>2</sub>, cantidad suficiente para incrementar la masa del SO<sub>2</sub> estratosférico en un orden de magnitud. Los aerosoles filtran una parte importante de la radiación solar que compensa, en parte, el efecto invernadero originado por el CO<sub>2</sub>, pero destruyen parte del ozono estratosférico potenciando el efecto de los clorofluorcarbonos. Datos de este mismo año evalúan la proporción de SO<sub>2</sub> volcánico en la estratosfera en un 30% del total emitido.

**4. Los residuos.** Pero lo menos natural son las megalópolis incontroladas, aglomeraciones que congregan a incontables inquilinos que malviven en condiciones precarias. En tales condiciones, el medio ambiente está completamente contaminado e infecto, y las enfermedades parasitarias hacen su aparición; por supuesto, las autoridades civiles carecen de presupuestos para asegurar una urbanización mínima. Debe recordarse que en los próximos 30 años la mitad de la población del Tercer Mundo se concentrará en esas metrópolis, donde la calidad de vida será extraordinariamente baja debido al hambre, a la enfermedad y a la contaminación ambiental.

Varanasi, la ciudad santa indú, dispone de una planta de tratamiento que procesa diariamente cuatro millones de galones de aguas residuales; otra planta con capacidad de 20 millones de galones/día (mgd) está en construcción. Sin embargo, la población de Varanasi genera bastantes más residuos de los que puedan higienizar ambas plantas; aproximadamente produce 33 mgd. Con todo, Varanasi está relativamente bien dotada; de las 3119 ciudades indúes, muy pocas de ellas cuentan con algún tipo de tratamiento de residuos. La solución de las aguas residuales en la India es un problema nada fácil de resolver. Para India las plantas convencionales de tratamientos de residuos son impensables; exigirían recursos financieros, energéticos y técnicos, imposibles. La solución al tratamiento de aguas residuales en Madrás no es obligatoriamente la misma que en Munich o en Manchester.

En las ciudades industrializadas la eliminación de residuos hace evidente la problemática de la presencia de compuestos químicos en el medio, tanto respecto a la exposición catastrófica como a la exposición endémica. Exposición catastrófica que tiene como ejemplos mejor conocidos los de Seveso y de Bhopal. El día 10/7/1976 tuvo lugar una liberación masiva de dioxina en una planta química en la vecindad de Milán. La dioxina es un compuesto altamente tóxico y muy estable que acompaña como subproducto al triclorofenol y derivados y que se produce en ciertos procesos de combustión. Entre sus efectos destacan anomalías genéticas, abortos y enfermedades de la piel. Ocho años después, el 3 de diciembre de 1984, ocurrió el accidente de Bhopal, en la India; en la fábrica de insecticidas de Unión Carbide se produjo una fuga de isocianato de metilo que afectó a cien mil personas de las que fallecieron, por ello, dos mil. Los que sobrevivieron presentaron síntomas y signos de irritación grave de los ojos, de la vía respiratoria y del tubo digestivo.

De los numerosos ejemplos de exposición endémica, el protagonismo lo tiene, en la

actualidad, la posible eliminación de dioxinas por las plantas incineradoras. Pero, ¿qué hacer con los residuos urbanos?. El reciclaje presenta, hoy en día, problemas. Frente a los vertederos -aún persiste el problema del de -, la incineración ofrece la mejor solución; el reto consiste en los controles adecuados que garanticen una emisión tolerable. Ciudades como la universitaria Zürich, la cultural Viena o la turística Monaco, han incorporado la incineradora en su paisaje.

**5. La energía.** Entre todo ello, el meollo es la energía. La energía es un ingrediente omnipresente en la totalidad de las actividades esenciales para la vida y la precondition indispensable para expandir las posibilidades de la gente; es, así mismo, el camino que conduce al progreso. Junto a su condición de elemento primario, la subida de precios habida años atrás, han hecho que la energía atraiga atención especial. La problemática energética muestra múltiples facetas que corresponden a otros tantos factores de índole tanto científica, técnica o de gestión, como políticos, económicos, sociales, culturales o éticos. El fijar la atención de manera exclusiva en los aspectos económicos, los de mayor repercusión inmediata, conduce a una percepción distorsionada de la realidad y, con ella, a políticas erróneas. Las generalizaciones son útiles como primera aproximación, pero los remedios deben abordarse de manera específica; esto es, no existen fórmulas mágicas ni soluciones universales válidas en el campo energético. Los planes y proyectos tendrán éxito en la medida que se dirijan a solucionar problemas específicos.

A este respecto, existe muy poca y poco fiable información comprobada del uso de energía en los países en desarrollo; esta situación es particularmente cierta en lo referente a combustibles no comerciales, tales como la leña, que se calcula representa el 50% de la demanda energética de la mayoría de los países en desarrollo. La utilización de este recurso como fuente primaria de energía doméstica representa una seria amenaza para el medio ambiente y, con ello, para el equilibrio ecológico. En el Sahel (Tunisia) el consumo de leña es de 50 kg/semana/familia; en Kenya, algunas poblaciones nómadas consumen con igual propósito 70-100 árboles/año/familia; en términos generales, el 70% de la gente en los países en desarrollo quema, por término medio, 700 kg leña/persona/año, con un mínimo de 350 kg y un máximo, en ciertos países, de 2900 kg. Si bien la tasa de consumo puede ser aceptable para algunas regiones, puede conducir a la desertización en tierras marginales donde la vegetación representa una defensa importante contra ella.

Energía y agua son el mejor ejemplo de las dificultades para lograr un equilibrio entre los ciclos naturales y los ritmos humanos; son un buen ejemplo de lo que se ha denominado la tragedia de los bienes comunes. La solución de estos problemas donde la libertad es el reconocimiento de la necesidad no tiene solución técnica, son exclusivamente abordables desde planteamientos éticos que contemplen y respeten las características culturales.

Como factor indispensable para la vida, el agua es el factor limitante para el desarrollo de todos los ecosistemas, y de manera especial, la vida humana está encorsetada por el ciclo global del agua y las leyes que lo regulan. Por su parte, el agua vehicula el 80% de las enfermedades transmisibles, por lo que su papel en la higiene es fundamental; en relación con esto, su consumo incrementa en progresión geométrica y se duplica en periodos de 20 años. Con todo, el consumo doméstico y municipal de agua representa, solo, el 5% del total; el 70% corresponde al consumo agrario y, el 25% restante, a la industria. Sirva de ejemplo el hecho de que cada kg de fibra sintética fabricada consume 5 toneladas de agua; como índice de posibilidades sociales, la relación del consumo doméstico de agua per cápita en los países industrializados respecto a los subdesarrollados es de 1000:1.

La disponibilidad de agua es un tema prioritario para el desarrollo. La solución pasa, una

vez más, por un espíritu de solidaridad respecto a los recursos del planeta; por la organización de un sistema de gestión eficaz que proteja las reservas de agua utilizable. El manejo del agua corre parejo con el control de la contaminación industrial, el control de las enfermedades asociadas a las aguas estancadas (esquistosomiasis y malaria), o los problemas de salinización y alcalinización de suelos (Sudán e Iraq). La adecuación de las cuencas de los ríos representa uno de los temas de colaboración Norte-Sur más candentes; la experiencia adquirida en los ríos Senegal, Níger, La Plata y Mekong, son los primeros ejemplos de ese esfuerzo en común. Veamos la otra cara de la moneda; a finales de esta década habrá más de 100 embalses gigantes.

**La energía como riesgo indispensable: la electricidad como problema.** La energía es la moneda de cambio de la tecnología. Sin energía el conjunto fabril social se derrumbaría. La práctica totalidad de la tecnología industrial y doméstica depende de la energía eléctrica. El reciente interés público en los posibles efectos adversos de los campos electromagnéticos débiles sobre la salud, se debe, en gran parte, a una serie de artículos sensacionalistas escritos por Paul Brodeur y publicados en el periódico *The New Yorker* hace seis años. Los artículos, que han sido publicados como libro bajo el título *Current of Death*, están basados en un estudio epidemiológico realizado en los años 70s por Nancy Wertheimer y Ed Leeper, quienes concluyeron que niños que vivían cerca de las líneas de distribución eléctrica urbana, en Denver (Colorado, USA), presentaban una elevada tasa de mortalidad por leucemias (**Tabla V**).

Los artículos de Brodeur alegaron que los campos electromagnéticos creados por las líneas de distribución y por las subestaciones transformadoras, localizadas en áreas urbanas, representaban un serio peligro para la salud. Tales conclusiones se hicieron extensivas, de inmediato, a las computadoras, a las mantas eléctricas, a los hornos de microondas, a las maquinillas de afeitar eléctricas y a cualquier otro electrodoméstico y artilugio electrónico ofimático. Brodeur aseguró que había habido intentos de ocultar la amenaza, y envió un nuevo artículo al *New Yorker* que planteaba la provocativa pregunta : *How many cancers will it take?*.

Pocas cosas abren más el apetito público que la denuncia de "ocultación". Cuando seis casos de cáncer se encuentran en el mismo bloque de viviendas en el que existe una subestación transformadora, tal como sucedió en Meadow Street en Guilford, cerca de New Haven, la coincidencia ocupa las cabeceras de los medios de información de diferente tipo, a la vez que alguien escribe un libro. El que no haya casos en otros miles de situaciones similares no atrae la atención. En cualquier caso, el principal argumento en contra de la creencia de una asociación entre las líneas de distribución eléctrica y el cáncer es que los campos que quieren involucrarse son minúsculos en comparación con los producidos por fuentes naturales, incluidos los procesos biológicos.

En el medio urbano, líneas de 12 kV distribuyen electricidad desde las subestaciones hasta los transformadores domésticos. Normalmente, las líneas de distribución se sitúan a 10 m sobre el suelo. A nivel de la cabeza (200 cm) el campo electromagnético estático terrestre (aprox. 450 miliGauss, mG) es mayor que el creado por la línea (aprox. 2 mG). Por su parte, los mayores campos se extienden entre el tendido eléctrico y los raíles de las líneas ferroviarias de alta velocidad. Una onda electromagnética consta de un conjunto de campos eléctrico y magnético independientes pero acoplados, que se propagan en el espacio a la velocidad de la luz y cuyas intensidades decaen en relación inversa con el cuadrado de la distancia. Descritos por un conjunto de ecuaciones (ecuaciones de Maxwell), el campo eléctrico depende del voltaje o diferencia de potencial entre los cables que forman la línea, mientras que el campo magnético depende de la corriente a través de la línea (**Tabla VI**).

Los mecanismos de acción de los campos eléctrico y magnético varían considerablemente.

Para los campos eléctricos, los valores relativos para la conductividad de los tejidos biológicos y la permisividad del aire a las frecuencias de las líneas de distribución son tales que existe una enorme atenuación en la interfase aire-piel, típicamente por un factor de cien millones. Además, los valores de conductividad y de permisividad varían muy poco con la frecuencia en el rango de frecuencias extremadamente bajas y muy bajas. En el peor de los casos, la cabeza de una persona alta, muy delgada, descalza, en plena lluvia, en el andén de una línea electrificada, puede estar sometida a  $12,000 \text{ V m}^{-2}$ ; en este caso extremo, el campo interno generado tendrá un valor, aproximado, de  $80 \text{ V m}^{-2}$ ; valor muy inferior al de los campos biológicos. Los voltajes generados por la actividad cardíaca, base del electrocardiograma, son del orden de los  $5,000 \text{ V m}^{-2}$ .

La penetración del campo magnético en el cuerpo es más eficaz. La permeabilidad del organismo al campo magnético es similar a la del aire y, salvo en caballeros imbuidos en brillantes armaduras, los campos magnéticos atraviesan el cuerpo sin perturbación alguna. En cualquier caso no hay muchas cosas que puedan interactuar con los campos magnéticos, especialmente si oscilan en la frecuencia de los 60 Hz. Ciertas formas de vida animal contienen dominios permanentes de magnetita que, en algunas instancias, interactúan con el campo magnético estático terrestre. Cadenas de partículas de magnetita en cierta bacteria anaerobia inducen al microbio a hundirse hacia el fondo de las charcas para apartarse del oxígeno. Interacciones similares son responsables de la navegación de las abejas, de las tortugas marinas, de las palomas mensajeras y de otras especies animales. La interacción de una sola partícula de magnetita, tal como la detectada en las glándulas suprarrenales humanas, queda amortiguada por el efecto térmico del organismo; incluso ante cadenas de magnetita tisulares, cualquier interacción con campos de 60 Hz queda silenciada por el efecto de la viscosidad del tejido.

Junto con la interacción navegatoria de la magnetita, otra posibilidad de interacción del organismo con campos magnéticos de baja frecuencia es a través del efecto Faraday, que establece que en un circuito cerrado de conducción, cambios en el flujo magnético inducen una fuerza electromotriz; su efecto es mínimo. Por su parte, algunos autores han señalado que los efectos adversos de los campos electromagnéticos podrían derivar de su interacción con procesos fisiológicos, tal como el transporte transmembranar a través de canales iónicos; tal interacción es igualmente insignificante.

Pero existen otros tres posibles mecanismos de acción de los campos magnéticos: inducción de cambios conformacionales de los receptores, como en el caso señalado de los receptores de hormona paratiroidea; prolongación de la vida media de los radicales libres, y modificaciones en la liberación de melatonina por la glándula pineal bien actuando directamente sobre dicha glándula o a través del estímulo de la retina. La melatonina inhibe los cánceres de mama y de próstata al inhibir las hormonas promotoras de tumores como prolactina y estrógenos.

Frente a los campos electromagnéticos producidos por las líneas eléctricas, los ferrocarriles, el metro y los electrodomésticos, existen varios campos naturales inamovibles. El campo magnético terrestre  $-300 \text{ mG}$  en el ecuador y  $700 \text{ mG}$  en los polos- es enorme comparado con los campos magnéticos inducidos a ras del suelo por las líneas de alta tensión y de distribución; sin embargo es comparable a los picos magnéticos generados por algunos electrodomésticos y por las locomotoras de alta velocidad en el momento de la aceleración inicial de partida. El campo magnético terrestre es, por otro lado, insignificante con los generados con fines médicos; por ejemplo, los campos estáticos utilizados en imagen por resonancia magnética que alcanzan valores 50 mil veces superiores al campo terrestre. Por otro lado, la tierra tiene un campo eléctrico estático de  $120 \text{ Vm}^{-2}$ ; campo eléctrico que es mayor que el de  $12 \text{ kV}$  de las líneas de distribución, pero inferior al de los

campos eléctricos generados en las líneas ferroviarias.

Junto a la impresionante actividad eléctrica cardíaca ya reseñada, el organismo produce grandes campos eléctricos mediante procesos termodinámicos; el más importante de ellos es el denominado *ruido de Johnson*, descubierto en 1920 por este ingeniero de los Laboratorios Bell. El ruido se origina en un resistor a causa del movimiento browniano de electrones y de iones de acuerdo con la ecuación de Henry Nyquist que lo refiere a una banda de frecuencias. La aplicación de la ecuación de Nyquist a las células refiere un ruido de Johnson 40 veces superior al campo eléctrico interno acoplado al campo de una línea de ferrocarril y mil veces mayor al acoplado a una línea de distribución eléctrica.

Por todo lo indicado no existe evidencia sólidamente respaldada de que los campos eléctricos de baja tensión y los magnéticos de baja frecuencia, generados por las líneas urbanas de distribución eléctrica y por sus aplicaciones domésticas representen alguna amenaza para la salud. Desde el punto de vista de la física, los campos inducidos en el cuerpo humano por tales fuentes son pequeños en comparación con los generados en los procesos fisiológicos. El temor a los efectos adversos de las líneas de distribución eléctrica representa un caso más de pseudociencia, igual que la fusión fría y la "quinta fuerza".

Algunas actitudes solo trivializan las legítimas preocupaciones por la salud. La decisión de la mujer de Long Island de sacar a su hijo de la escuela tras detectar 20 mG en las proximidades del pupitre, perjudicó más al muchacho por interrumpir su educación que cualquier posible efecto de los campos electromagnéticos. A los padres que pagan el enterramiento de una conducción eléctrica para evitar 10 mG en el dormitorio de sus pequeños, les resultaría mucho más económico invertir en una verdadera medicina preventiva o en educación. Por su parte, Verkasalo *et al*, acaban de publicar, en el número correspondiente al 26 de octubre de este año del *British Medical Journal*, un estudio a nivel nacional en el que estudian los campos magnéticos de las líneas de alta tensión en cuanto factor de riesgo de cáncer en la población adulta de Finlandia. Estudian cerca de 384 mil personas que, durante los años 1970 a 1989 vivieron dentro de un radio de 500 m de líneas de 110-400 kV; la conclusión es: los campos magnéticos generados por las líneas de alta tensión no parecen relacionarse con riesgo de cáncer en los adultos.

La electricidad es la forma más limpia de energía disponible; el mensaje de *Science* (8-nov-96) es breve: "*no existen pruebas, hoy, de que la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia sean perjudiciales*". Lo que realmente debe preocupar es reducir los contaminantes carcinogénicos y reducir las amenazas que a largo plazo amenazan nuestra sociedad, por ejemplo, nuestra dependencia del petróleo. Lo que nos lleva de la mano a la energía nuclear.

**Energía nuclear.** De tan manido tema, cualquier comentario se toma, inmediatamente, como posicionamiento ideológico. Con la utilización de las armas nucleares los científicos -tal como sentenció Oppenheimer- conocieron el pecado. El estigma perdura. Sigue siendo prácticamente imposible disecar, en el sentir de una mayoría de la opinión pública, el armamento nuclear del mensaje de átomos para la paz, acuñado por Eisenhower en la década de los 60. La energía atómica no controlada es mortal y, en el mejor de los casos, cancerígena. La energía atómica controlada se utiliza como herramienta terapéutica contra el cáncer y como fuente limpia de energía. El riesgo de una central nuclear bien hecha y estrictamente controlada es mínimo. ¿Por qué la percepción de riesgo?; porque es el ejemplo paradigmático de la disparidad señalada entre la percepción social de riesgo y el riesgo científicamente calculado. Dos son los accidentes más relevantes: el de la Isla de las Tres Millas, situada a 16 km de la ciudad de Harrisburgh, en Pensilvania, ocurrido el 28 de marzo de 1979, y el desastre de Chernobil la noche del 25 al 26 de abril de 1986. En nuestro país, la central de Vandellós I, en Tarragona, sufrió un incendio el 19 de

octubre de 1989 (**Tabla VII**).

**6. De la desertización al último edén.** Dante situó el **paraíso terrenal** en algún punto de los mares del sur, idea que se vió reforzada con el establecimiento de los primeros jardines botánicos en diferentes islas y la ubicación de un nuevo edén en el Cabo de Buena Esperanza; poco después, la obra de Shakespeare *The Tempest* es el ejemplo más precoz de esta respuesta cultural. La India, África y América, con sus grandes extensiones de terrenos vírgenes, se hicieron vulnerables a la civilización sobre la base de un simbolismo imaginativo que se extendió rápidamente; existen descripciones de los efectos adversos de la deforestación tras la implantación de la agricultura por los europeos en las islas Canarias y en la isla de Madeira, hacia el año 1300, y de las Indias Occidentales -en particular en Jamaica y Barbados- hacia 1560. Algunas de las peores consecuencias de la deforestación colonial ocurrieron en la isla de Santa Helena y en la isla de San Mauricio.

Con el antecedente de las vastas explotaciones romanas, la sensibilidad ante la destrucción del medio se desarrolló a raíz de la expansión comercial de las Compañías Orientales alemana e inglesa. Pero el colonialismo también resultó en una rápida difusión de las nuevas ideas científicas entre la metrópolis y las colonias, flujo que fue muy positivo para los territorios de ultramar, máxime cuando la aparición del profesional de la ciencia natural supuso el estímulo esencial para la formulación de ideas en torno a la protección del medioambiente; en este contexto, los escritos ecologistas de Alexander von Humboldt, sustentados en las teorías holistas de los filósofos hindúes, tuvieron una repercusión muy importante.

En 1852, el Servicio Médico de la Compañía de las Indias Orientales, publicó el "*Report of a Committee Appointed by the British Association to Consider the Probable Effects in an Economic and Physical Point of View of the Destruction of Tropical Forest*"; resumía que el fracaso de una política de protección efectiva de los bosques resultaría en un desastre ecológico y social. En 1858, J.Spotswood Wilson, presentaba un trabajo ante la *British Association for the Advancement of Science* con el título "*The General and Gradual Desiccation of the Earth and Atmosphere* ", en el que se hace referencia, por vez primera, a lo que hoy denominamos efecto invernadero ; poco después, en 1863, John Crombie Brown, en la colonia de El Cabo, desarrollaba una teoría "deseccacionista " por la que explicaba que la mayoría de las zonas tropicales semiáridas se debían, en parte, a la deforestación, y, en 1865, James Fox Wilson, leía ante la *Royal Geographical Society* un trabajo sobre "*The Progressing Desiccation of the Basin of the Orange River in Southern Africa* " en el que concluía que la desertización progresiva iba unida a la deforestación.

En la región amazónica -excelente laboratorio para estudiar la evolución de la relación entre hombres y bosques desde los tiempos pasados hasta los actuales- la deforestación se circunscribía a las proximidades de los principales núcleos de población y a las regiones de várzea. Este impacto era realmente poco significativo y se considera que, hasta mediados del siglo menos, del 1% de su superficie forestal había sido eliminada. La deforestación a gran escala comenzó en la década de los 60s, hace escasamente 30 años, cuando comenzaron a abrirse las primeras vías de acceso terrestre. A partir de entonces, el proceso se aceleró de forma significativa hasta llegar a los valores actuales. La cuantificación del proceso de deforestación en la Amazonia no fue posible hasta la década de los 70s, cuando aparecieron los primeros satélites con sensores remotos. La superficie deforestada en poco más de 30 años ha sido similar a la superficie del territorio español.

Si bien son muchas las actividades humanas que provocan deforestación, a una región tan vasta como la Amazonia solo podrán afectarle, a corto plazo, las que sean capaces de actuar masivamente o a gran escala. Entre las actividades de impacto directo es posible pensar en el

represamiento de grandes ríos, la colonización rural masiva, la implantación de extensos monocultivos comerciales, la producción de biomasa con finalidad energética o la guerra convencional a gran escala. Otras actividades como la minería, la explotación de petróleo, la explotación selectiva de maderas, etc., no son, en principio, de carácter extensivo y por tanto difícilmente pueden transformar partes significativas de la Amazonia a corto o medio plazo. La mayor parte de las actividades productivas de la Amazonia originadas por demandas extraamazónicas poseen una influencia directa relativamente escasa sobre la deforestación; otras, entre las que destaca la ganadería, ejercen una influencia considerable. En el conjunto brasileño, la extensión de pastizales creció desde los 700000 km<sup>2</sup> en 1950 a los casi dos millones km<sup>2</sup> en 1985; la mayor parte de este incremento se produjo en la región centro-oeste, en la que es protagonista el Mato Grosso, y la región norte típicamente amazónica. La ganadería, principalmente para consumo interno, y la plantación de soja para exportación -Brasil es el segundo exportador mundial; el primero, USA, consume su producción-, principalmente como pienso a la Comunidad Europea, representan la causa principal de deforestación amazónica.

**7. La industria alimentaria: el síndrome tóxico y las vacas locas.** Ganado y soja nos llevan de la mano a la manipulación, a la adulteración, de los alimentos. Contemplamos atónitos las vacas locas y vivimos pasmados el síndrome tóxico. La mayoría de las moléculas identificadas como carcinógenas no ejercen su potencial oncogénico por sí mismas; ello es válido para los compuestos producidos en la combustión de la mezcla del tabaco y del papel que lo envuelve, y para los diferentes aditivos y componentes de diferentes alimentos. Tales compuestos deben ser metabolizados por el organismo, lo que produce, normalmente, derivados electrofílicos que reaccionan de manera irreversible con sitios nucleofílicos en el DNA alterando la expresión génica. ¿Cómo los humanos metabolizan sustancias carcinógenas?

La familia del citocromo P450 y las glutatión-transferasas, fueron los grupos enzimáticos que centraron la atención. Los citocromos -los mamíferos tienen más de 40 isoformas- son hemoproteínas de localización preferentemente hepática que oxidan moléculas hidrofóbicas extrañas; ello las hace más solubles, lo que facilita su eliminación. En ocasiones, tal oxidación activa la molécula; tal es el caso de un grupo de isoenzimas que, en el humano, son responsables de la conversión carcinogénica de hidrocarburos halogenados, monómeros de bajo peso molecular o micotoxinas.

Las glutatión-transferasas suelen estar involucradas en la desactivación; en términos generales, la reacción con glutatión hace a las moléculas menos reactivas biológicamente. La síntesis de glutatión transferasas está controlada por una superfamilia de genes cuya delección o silencio génico se asocia a una susceptibilidad incrementada de cánceres de vejiga y de cerebro. Determinados fármacos pueden estimular las glutatión-transferasas e inhibir los citocromos, con lo que proporcionan una doble protección.

Los mismos sistemas están involucrados en el metabolismo activador de otros contaminantes no carcinógenos; baste recordar el mencionado síndrome tóxico por la ingesta de aceite de colza desnaturalizado. Iniciado en mayo de 1981 produjo veinte mil pacientes con diferentes patologías, en especial síndromes degenerativos neuromusculares, y 400 muertes. Sin embargo, 15 años después, no se ha registrado morbilidad oncológica especial en el conjunto de la población afectada.

**8. Etnobotánica.** A modo de brusco contraste con el impacto ambiental expuesto, la **etnobotá-**

**nica** (identificación y aislamiento de compuestos activos a partir de plantas; la mayoría de las veces procedentes del bosque tropical) surge con impresionante ímpetu. Las plantas han proporcionado a la humanidad, aproximadamente, el 25% de las medicinas conocidas y, con toda probabilidad, pueden ofrecer muchas más. Mientras que menos del 5% de las especies existentes han sido correctamente estudiadas, 1 de cada 4 de ellas - unas 60.000 especies- se extinguirán hacia el año 2050; de acuerdo con los datos proporcionados por la *World Wide Fund for Nature* (WWF), prácticamente ya ha sido destruida la mitad de la selva mundial, y cerca de 25 a 30 millones de hectáreas se pierden cada año. Pero no son únicamente las plantas las víctimas de la civilización; en Brasil sólo, los colonos han destruido más del 90% de las tribus indígenas - cada una con una cultura distintiva - desde 1900. Con ello se han dilapidado cientos de siglos de conocimiento acumulado respecto al valor medicinal de las especies vegetales.

Las plantas selváticas son ricas en los denominados metabolitos secundarios, en particular alcaloides, que parecen protegerlas del ataque de insectos o de enfermedades. Otros metabolitos secundarios actúan como venenos o proporcionan olores y colores que atraen polinizadores o repelen predadores. Dos ejemplos paradigmáticos los representan la pervinca de Madagascar, de la que se obtiene la vincristina -un eficaz fármaco en tumores linfáticos del tipo de la enfermedad de Hodgkin-, y el *Taxus brevifolia* o taxo del Pacífico de cuya baya se obtiene el taxol que posee una eficaz acción anticancerosa.

El Instituto Nacional del Cáncer (USA) ha identificado algo más de 3.000 plantas - el 75% procedentes de zonas de selva - que contienen principios activos contra diferentes células cancerosas, a la vez que ha iniciado un fuerte programa de investigación sobre posibles drogas contra el SIDA; entre otras importantes medicinas: diosgenina (control fertilidad), cromoglicato sódico (alergia), forskolina (cardiología, neumología, oftalmología), tiaubrina (antibiótico) o un potente anticoagulante derivado de la planta amazónica *tike-ube* (*cariniana domestica*). No cabe duda que el Tercer Mundo es rico en diversidad biológica, pero pobre en recursos para la explotación de sus posibilidades, cuya propiedad debe ser reconocida.

Cualquier estrategia de desarrollo está condenada al fracaso a menos que se inspire en un espíritu de solidaridad. La Encíclica *Sollicitudo Rei Socialis* expresa la esperanza de que los responsables del bien social se den cuenta de la urgente necesidad de cambiar las actitudes morales o éticas que definen las relaciones del hombre consigo mismo, con los demás, por muy lejanos que los sitúe, y con la naturaleza. Solidaridad que es un concepto extraño a la cultura occidental; no así a las culturas asiáticas y africanas. La *Isa Upanishad* expresa un profundo sentimiento de solidaridad cósmica; por su parte, diferentes culturas africanas asumen la unicidad de la clase humana. Debe ser por eso por lo que mueren, juntos, a millares.

El mundo necesita conseguir un fuerte sentido de responsabilidad. El papel, cada vez más importante, de la ciencia en la provisión de los cuidados médicos, junto con la dificultad y lo complicado de los factores sociales y éticos asociados, que orientarán la capacidad para determinar el futuro, exige de todos nosotros una mayor preparación científica. Los políticos deben comprender los rudimentos de la evidencia científica, y la sociedad, en su conjunto, debe estar suficientemente informada para poder participar en el debate de las complejas repercusiones que, continuamente, derivan del avance de la investigación biomédica. Esta sensibilidad hacia el conocimiento debe comenzar en la escuela, donde la formación científica debe ocupar un lugar relevante.

## 9. Referencias

Ayala Carcedo,F.J., Durán Valsero,J.J., Gazapo de Badiola,C., Alfonso de Molina,F., Pérez Boada,E., Palomo García,E., Laforet Zayas,V. (1987) Los Riesgos Geológicos. Guía Didáctica. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Geología Ambiental.

Ayala Carcedo,F.J., Durán Valsero,J.J., Gazapo de Badiola,C., Alfonso de Molina,F., Santos García,A. Geología y Medio Ambiente. Guía Didáctica. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Medio Ambiente.

Bennett,W.R. (1995) Electromagnetic fields and power lines. *Scientific American Science & Medicine*. Jul./Aug. pp 68-77.

Bergey,D.R., Howe,G.A., Ryan,C.A. (1996) Polypeptide signaling for plant defensive genes exhibits analogies to defense signaling in animals. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*. **93**, 12053-2058.

Comar,C.L., Sagan,L.A. (1976) Health effects of energy production and conversion. *Ann.Rev.Energy* **1**, 581-601.

Douglas,M., Wildavsky,A. (1982) *Risk and Culture*. Berkeley: Univ. California Press.

Dunderdale,J. (ed) (1990) *Energy & The Environment*. Proc.Symp. Inorg.Chem.Group & Environ.Group Industr.Div. R.Soc.Chem. Cambridge: Royal Society of Chemistry (Special Publ. No. 81).

Forum Atómico Español. *La Energía Nuclear*. Madrid: FAE, Series Didácticas.

Forum Atómico Español (1992) *El Libro de la Energía* (3ª ed.). Madrid: Forum Atómico Español.

Gribbin,J. (1988) The ozone layer (Inside Science, nº 9) *New Scientist* 5 May.

Gribbin,J. (1988) The Greenhouse effect (Inside Science, nº 13) *New Scientist* 22 October.

Häfele,W., Sassin,W. (1977) The global energy system. *Ann.Rev.Energy* **2**, 1-30.

Harrison,R.M. (ed) (1992) *Pollution. Causes, Effects & Control* (2nd ed). Cambridge: Royal Society of Chemistry.

Henschler,D. (1996) Risk in environmental and health protection. Identification, assesment, and management. *Interdiscipl.Sci.Rev.* **21**, 324-335.

Hileman,B. (1993) Health effects of electromagnetic fields remain unresolved. *Chemical & Engineering News*. Nov. 8 pp 15-29.

Kerr,J.B., McElroy,C.T. (1993) Evidence for large upward trends of Ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science* **262**, 1032-1034.

Kloepfer,M. (1996) Freedom and environmental protection as a constitutional problem. *Interdiscipl.Sci.Rev.* **21**, 354-361.

La-Hoz Arderús, R. de (1996) Comunicación personal.

Maxey,M. (1991) Earth's nuclear future: Baptism, Exorcism, or Second Coming?. En: *Uranium and Nuclear Energy 1991*. Proc.6th.Intern.Symp. Uranium Inst. Londres: Uranium Institute. pp 228-237.

Medvedev,Z.A. (1994) Chernobyl: eight years after. *Trends Energy&Ecol.* **9**, 369-371.

Mission to Planet Earth Series (1994) Volcanoes and global climate changes. *NASA Facts* **220**, 1-4.

Música Nava, A. (1995) *Factores y Causas de Deforestación en la Amazonia Brasileña: El Caso de la*

*Ganadería*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes; Universidad Politécnica de Madrid.

Murray,C.J.L., Lopez,A.D. (1996) Evidence-based health policy - Lessons from the Global Burden of Disease Study. *Science* **274**, 740-743.

Nader,L., Beckerman,S. (1978) Energy as it relates to the quality and style of life. *Ann.Rev.Energy* **3**, 1-28.

Pearce,F. (1987) Acid rain. *New Scientist* 5 November.

Pimentel,D., Terhune,E.C. (1977) Energy and food. *Ann.Rev.Energy* **2**, 171-195.

Purdum,P.W. (1971) *Environmental Health*. New York: Academic Press.

Pyle,D.M., Beattie,P.D., Bluth,G.J.S. (1996) Sulphur emissions to the stratosphere from explosive volcanic eruptions. *Bull Volcanol.* **57**, 663-671.

Quadrio Curzio,A. (ed) (1992).*Issues on International Development and Solidarity*. Proc. Study Week Science for Development in a Solidarity Framework. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia, n° 82. Città del Vaticano: Pontificia Academia Scientiarum.

Regional Institute of Environmental Technology (RIET) (1995) *Access to the Most Dynamic Environmental Technology Market in the World*. Singapur: RIET.

Ricci,P.F., Molton,L.S. (1986) Health risk assessment: Science, Economic, and Law. *Ann.Rev.Energy* **11**, 77-94.

Smith,K.R. (1993) Fuel combustion, air pollution exposure, and health: The situation in developing countries. *Annu.Rev.Energy Environ.* **18**, 529-566.

Stone,R. (1992) Polarized debate: EMFs and Cancer (News & Comment). *Science* **258**, 1724-1725.

Thomasma,D.C., Kushner,T. (1996) *Birth to Death. Science and Bioethics*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Verkasalo,P.K., Pukkala,E., Kaprio,J., Heikkilä, Koskenvuo,M. (1996) Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study. *Br.Med.J.* **313**, 1047-1051.

Young,P. (1996) Mouldering monuments. *New Scientist* 2 Nov. pp 36-38.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero reconocimiento a la gentileza y generosidad del Instituto Geológico y Geominero, D. Nicolás Fernández (de la Academia Burgense "Institución Fernán González"), D. Juan Fernández Santarén (del Centro de Biología Molecular CSIC/UAM), D. Pedro de la Fuente (del Hospital Universitario 12 de Octubre), D. José M<sup>a</sup> Fúster Casas (de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales), D. Adriano García Loygorri (del Excmo. Ayuntamiento de Madrid), GREENPEACE, D. Luis Gutiérrez Jodra (del Forum Atómico Español) y D. Angel Ramos Fernández (de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales), por haberme facilitado la iconografía que ilustró la exposición de la Conferencia, a la que corresponde el presente trabajo, leída el día 26 de noviembre de 1996 con motivo de la entrega de Becas y de Ayudas a Proyectos de Investigación de la Fundación Científica de la Asociación Científica contra el Cáncer, correspondiente a la Convocatoria 1996.

**TABLA I**

**LAS 17 CAUSAS PRINCIPALES DE DALYs EN EL MUNDO**

| enfermedad o agresión             | importancia |      |      | factor de riesgo |
|-----------------------------------|-------------|------|------|------------------|
|                                   | 1990        | 2020 |      |                  |
| infección respiratoria distal     | 01          | 06   |      |                  |
| enfermedades diarreicas           | 02          | 09   |      |                  |
| patología perinatal               | 03          | 11   | <--- | tabaco           |
| enfermedad depresiva              | 04          | 02   | <--- |                  |
| cardiopatía isquémica             | 05          | 01   | <--- | tabaco           |
| enfermedad cardiovascular         | 06          | 04   | <--- | tabaco           |
| tuberculosis                      | 07          | 07   |      |                  |
| sarampión                         | 08          | 25   |      |                  |
| accidentes de tráfico             | 09          | 03   | <--- |                  |
| malformaciones congénitas         | 10          | 13   |      |                  |
| malaria                           | 11          | 24   |      |                  |
| enf. pulmonar obstructiva crónica | 12          | 05   | <--- | tabaco           |
| caídas                            | 13          | 19   |      |                  |
| anemia sideropénica               | 14          | 39   |      |                  |
| malnutrición                      | 15          | 37   |      |                  |
| conflictos bélicos                | 16          | 08   | <--- |                  |
| autoagresión                      | 17          | 14   |      |                  |
| violencia                         | 18          | 12   |      |                  |
| HIV                               | 28          | 10   |      |                  |
| cáncer traqueo-bronco-pulmonar    | 33          | 15   | <--- | tabaco           |

**DALYs (*Disability-Adjusted Life Years*)**

" años vida perdidos por

[mortalidad prematura + años vividos con minusvalía]"

Tomada de: C.J.L.Murray & A.D.López (1996), *Science* 274, 741

**TABLA II**

**DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE MUERTES EN 1990 (x 1,000)**

---

| <b>Región</b>        | <b>Grupo I</b><br>enfs. trasmisibles<br>patol. embarazo<br>patol. perinatal<br>malnutrición | <b>Grupo II</b><br>enfs. no trasmisibles | <b>Grupo III</b><br>violencia | <b>Total</b>  |
|----------------------|---|--|-------------------------------|---------------|
| <b>desarrollada</b>  | <b>00,667</b>   | <b>09,411</b>                            | <b>00,834</b>                 | <b>10,912</b> |
| <b>en desarrollo</b> | <b>16,573</b>   | <b>18,730</b>                            | <b>04,251</b>                 | <b>39,554</b> |

---

Tomada de: C.J.L.Murray & A.D.López (1996), *Science* 274, 741

**TABLA III**

**PATOLOGÍAS ATRIBUIBLES A FACTORES DE RIESGO - 1990**

---

| <b>Factor de Riesgo</b>                 | <b>% de muertes</b> |
|---|---------------------|
| <b>Malnutrición</b>                     | <b>11.7 %</b>       |
| <b>Tabaco</b>                           | <b>06.0 %</b>       |
| <b>Hipertensión</b>                     | <b>05.8 %</b>       |
| <b>Condiciones higiénico-sanitarias</b> | <b>05.3 %</b>       |
| <b>Inactividad física</b>               | <b>03.9 %</b>       |
| <b>Condiciones laborales</b>            | <b>02.2 %</b>       |
| <b>Enf. transmisión sexual</b>          | <b>02.2 %</b>       |
| <b>Alcohol</b>                          | <b>01.5 %</b>       |
| <b>Contaminación ambiental</b>          | <b>01.1 %</b>       |
| <b>Drogas</b>                           | <b>00.2 %</b>       |

---

Tomada de: C.J.L.Murray & A.D.López (1996), *Science* 274, 742

**TABLA IV**

**DISMINUCIÓN DE LA EXPECTATIVA DE VIDA**

---

| <b>riesgo</b>  | <b>días perdidos</b> |
|--|----------------------|
| O versus O   | 2 , 800              |
| Cardiopatía  | 2 , 100              |
| Cigarrillos (> 20/día)   | 1 , 600              |
| Cáncer   | 980                  |
| Accidente cerebrovascular  | 520                  |
| Obesidad   | 450                  |
| Accidentes de tráfico  | 200                  |
| Alcohol  | 130                  |
| Violencia  | 11                   |
| Energía eléctrica-nuclear<br>(Anti-nuclear Soc.Concern Sci. USA) | 1.5                  |
| Accidentes aviación  | 1                    |
| Energía eléctrica-nuclear<br>(Nuclear Reg.Comm.)                 | 0.03                 |

---

Tomada de: J.Dundearle (ed) ENERGY&THE ENVIRONMENT (1990)

**TABLA VI**

|                                    | <b>CAMPO ELÉCTRICO<br/>( volts m-1)</b> |               | <b>CAMPO MAGNÉTICO<br/>(miligauss)</b> |                   |
|------------------------------------|---|---------------|--|-------------------|
|                                    | <b>máximo</b>                           | <b>típico</b> | <b>máximo</b>                          | <b>típico</b>     |
| <b>Exploración MR</b>              |   |               |  | <b>20,000,000</b> |
| <b>superficie tierra</b>           |   | <b>120</b>    | <b>700</b>                             | <b>450</b>        |
| <b>entre tendido y railes</b>      | <b>700</b>                              | <b>300</b>    | <b>650</b>                             | <b>35 - 125</b>   |
| <b>bajo línea alta tensión</b>     | <b>7,000</b>                            | <b>1,000</b>  |  |                   |
| <b>bajo línea distrib. urbana</b>  | <b>60</b>                               | <b>5 - 40</b> | <b>20</b>                              | <b>1 - 3</b>      |
| <b>bajo líneas 2as. (120/240v)</b> | <b>100-200</b>                          | <b>5 - 10</b> | <b>4</b>                               | <b>1</b>          |
| <b>cableado doméstico</b>          | <b>10</b>                               | <b>1 - 5</b>  | <b>5 - 10</b>                          | <b>0.5 - 1</b>    |

tomado de: W.R.Bennet (1995) *Scient.Amer. Sci.&Med.* 2(4), 71

**TABLA V**

**FOCOS "EPIDÉMICOS"**

---

| <b>localidad</b>  | <b>nº afectados</b> | <b>causa</b>                                  | <b>patología</b>    |
|---|---------------------|---|---------------------|
| <b>Meadow Street<br/>Guilford, Conn., USA<br/>(1968 - 1988)</b> | <b>4</b>            | <b>subestación<br/>línea eléct. 3 - 36 mG</b> | <b>ca. cerebral</b> |
| <b>Miltown, N.J., USA<br/>(1961 - 1989)</b>                     | <b>4</b>            | <b>línea eléct. 138 - 230 kV</b>              | <b>ca. cerebral</b> |
| <b>Jacksonville, Fla., USA<br/>(1974 - 1978)</b>                | <b>5</b>            | <b>línea eléct. 69 kV</b>                     | <b>ca. ovario</b>   |
| <b>East Rutherford, N.J., USA<br/>(1980 - 1986)</b>             | <b>4</b>            | <b>antenas radio AM</b>                       | <b>cánceres</b>     |

---

Tomado de: B. Hileman (1993) *Chem.&Engeneer. News* Nov. 8, 16

**TABLA VII****ACCIDENTES EN CENTRALES NUCLEARES**

| <b>central</b>                             | <b>fecha</b>      | <b>escape<br/>radiact.</b>      | <b>patología/muertes</b>                         |
|--|-------------------|---------------------------------|--|
| <b>St.Laurent des Eaux I<br/>(Francia)</b> | <b>1969</b>       | <b>---</b>                      | <b>--- / ---</b>                                 |
| <b>Dresden II<br/>(EEUU)</b>               | <b>1970</b>       | <b>+<br/>(inter. central)</b>   | <b>--- / ---</b>                                 |
| <b>Surry I<br/>(EEUU)</b>                  | <b>1972</b>       | <b>---</b>                      | <b>quemaduras<br/>por vapor (2+)</b>             |
| <b>Browns Ferry I<br/>(EEUU)</b>           | <b>1975</b>       | <b>---</b>                      | <b>--- / ---</b>                                 |
| <b>Gundremmingen<br/>(Alemania)</b>        | <b>1975</b>       | <b>---</b>                      | <b>quemaduras<br/>por vapor</b>                  |
| <b>Three Mile Island<br/>(EEUU)</b>        | <b>marzo 79</b>   | <b>+<br/>(exter. central)</b>   | <b>??</b>  |
| <b>Chernobil<br/>(URSS)</b>                | <b>abril 86</b>   | <b>+++<br/>(exter. central)</b> | <b>cáncer, malformaciones,<br/>abortos / +++</b> |
| <b>Vandellos I<br/>(España)</b>            | <b>octubre 89</b> | <b>---</b>                      | <b>--- / ---</b>                                 |