

377.8

A 37 mat



Ministerio de Cultura y Educación

DIRECCION NACIONAL DE GESTION
DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

PNCD

Programa Nacional de
Capacitación Docente

MATERIAL DE TRABAJO
para la CAPACITACION EN QUIMICA

República Argentina
1993

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION

Ministro de Cultura y Educación

Ing. Agr. Jorge Alberto Rodríguez

**Secretaria de Programación y Evaluación
Educativa**

Lic. Susana Beatriz Decibe

Subsecretaria de Programación y Gestión Educativa

Lic. Inés Aguerro

Director Nacional de Gestión de Programas y Proyectos

Prof. Darío Pulfer

Coordinadora del Programa Nacional de Formación y Capacitación Docente

Prof. Cristina Armendano

PROGRAMA

**PROMOCION Y DIFUSION
DE LA CIENCIA**

**CALIDAD AMBIENTAL
A TRAVES
DE LA QUIMICA**

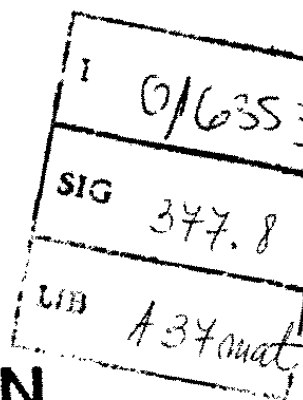
•Eduardo Jorge Bottani

*** Investigador de la CIC - Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). Casilla de Correo 16, Suc. 4 - 1900 La Plata.**

LA PLATA, Noviembre de 1991



**provincia de buenos aires
comisión de
investigaciones científicas
calle 526 entre 10 y 11 1900 La Plata
telefonos 43795 217374 49581**



Prólogo

El fuego cambió la vida del hombre. La tecnología del fuego permitió pasar de la edad de piedra, a la del cobre y luego a la del hierro.

La Ciencia que crea tecnología y la tecnología como motor de cambio sociológico van transformando nuestro planeta y su atmósfera.

Estamos tomando conciencia, empezamos a percibir una tendencia a realizar un llamado de atención y una reflexión crítica.

Esta reflexión no es ahora local, regional o nacional, ya es de todo el mundo. Como llega masivamente produce temores, confusiones y perturbaciones. ¿Qué hacer?

La ética y la religión nos darán respuestas, pero las opciones serán individuales, se sumarán opiniones y las naciones elegirán las sendas.

Los científicos y los tecnólogos fundamentarán sus decisiones. Necesitamos que la sociedad pueda también fundamentar sus opiniones y para ello es necesario que cada individuo sepa elegir.

La educación como cambio de conductas debe dar las herramientas al hombre y a las colectividades.

El Programa de Promoción y Difusión de la Ciencia presenta estas notas destinadas a los docentes, para darles información, para que piensen y hagan pensar.

Dra. Lydia Ethel Cascarini de Torre

CALIDAD AMBIENTAL A TRAVES DE LA QUIMICA

La lanza de Aquiles cerrará las mismas heridas que provoca siempre que la menejen otras manos. Y es la mano que hiere y la que cura es la misma, el tránsito de una acción a la otra revela que algo ha cambiado sustancialmente en el corazón de Aquiles"

V. Massuh "La Flecha del Tiempo"

No se acumula, no se devuelve: sin problemas.

Cada año, en el mundo, Usted y yo tiramos millones de toneladas de plásticos al ambiente. Un porcentaje muy alto va directamente al océano. De hecho, solamente en los Estados Unidos, 9 Mt (mega toneladas) de residuos sólidos son arrojados directamente al mar. Los buques mercantes que recorren los mares del planeta arrojan 6.6 Mt de basura por año al mar.

Contrariamente a lo que muchos creen los desechos plásticos se degradan, pero este proceso demanda unos 50 años. Una gran cantidad de basura puede acumularse en ese periodo. El ambiente marino es particularmente sensible a este problema, por ejemplo, los plásticos que flotan son confundidos con medusas y/o huevos u otro tipo de comida por los animales marinos; además de estar rodeados de basura plástica debemos sumar las 150000 t de hilo de pesca que es desechado anualmente en el mar.

Otro aspecto desagradable de este problema se observa en el

Artico (la Antártida se halla protegida por leyes internacionales desde hace tiempo) donde la basura se acumula y no es biodegradada debido a las bajas temperaturas reinantes.

Los químicos han dado un gran paso en la dirección de la solución de este problema. El remedio se halló en la misma construcción de los plásticos.

Los plásticos son polímeros de compuestos hidrocarbonados y consisten en largas cadenas de unidades moleculares que se repiten (monómeros). Los químicos han encontrado varias formas de introducir cambios en las moléculas de los plásticos de manera que el material resultante esté de acuerdo con nuestras necesidades y al mismo tiempo se proteja el medio.

Una de estas formas es la de intercalar en las cadenas de monómeros grupos o moléculas sensibles a la luz. Cuando el plástico es expuesto a la luz solar estos grupos absorben la radiación y se descomponen rompiendo el polímero en porciones más pequeñas. La Naturaleza hace el resto del trabajo dado que las moléculas resultantes son pequeñas y fácilmente biodegradables.

A estos polímeros se los conoce como fotodegradables. La inserción de grupos cetónicos ($>C=O$) en polímeros comunes como poliestireno y polietileno ha sido de gran interés en la preparación de polímeros fotodegradables. Estos grupos cetónicos son estables en la luz artificial dado que absorben longitudes de onda más cortas como las que sí están presentes en la luz solar.

Otra manera de construir plásticos "digeribles" para la Naturaleza es la de introducir en las cadenas poliméricas grupos moleculares considerados como "apetitosos" por microorganismos del ambiente. Estos microorganismos se encargan de cortar las cadenas en porciones más pequeñas al alimentarse con esos grupos moleculares.

Afortunadamente con innovaciones como estas el problema de los deshechos plásticos será, en un futuro cercano, un problema superado.

Incluimos este pequeño relato como un ejemplo del rol que le cabe desempeñar a la Química en la solución de los problemas

del ambiente.

Cada sociedad trata de proveerse a sí misma de alimentación y alojamiento adecuados dentro de un ambiente saludable. Cuando estas necesidades se encuentran aseguradas la atención se centra en el confort y la conveniencia. El grado en que estas necesidades básicas se hallan satisfechas determinan la calidad de vida. Generalmente, a pesar de todo, se requiere la toma de decisiones porque una u otra de las condiciones que definen la calidad de vida son obtenibles más fácil o rápidamente a expensas de las demás.

Actualmente encontramos que nuestras necesidades de consumir mayor cantidad de productos, energía y movilidad están en conflicto directo con el mantenimiento de un ambiente saludable.

Una de las grandes preocupaciones de nuestro tiempo es la protección del ambiente en vista de la creciente población mundial, continua concentración poblacional (urbanización) y elevación del nivel de vida.

La degradación del ambiente, con los consiguientes daños a la salud y ruptura de ecosistemas, no es un fenómeno nuevo. Las perturbaciones provocadas por el hombre en el ambiente han sido notadas desde casi los mismos orígenes de la historia. El problema de los desagües cloacales comenzó con el nacimiento de las ciudades. Otro ejemplo nos lo da la ciudad de Londres, la que mucho antes del siglo XX, era una ciudad plagada por la contaminación del aire debido a los fuegos usados para cocinar y para calefacción. Un ejemplo temprano de higiene industrial, más bien de su necesidad, era el problema del acortamiento de la vida de los deshollinadores debido al cáncer, que actualmente se atribuye a la continua exposición a las cenizas conteniendo compuestos carcinógenos (hidrocarburos aromáticos polinucleares). Evidentemente hay poco consuelo en el hecho que los problemas ambientales no sean nuevos. La población mundial es cada vez mayor mientras que las ciudades crecen aún más rápidamente. El consumo de energía per cápita continúa aumentando. Los problemas de polución se están haciendo cada vez más evidentes y estamos comenzando a notar interacciones sutiles en el mundo que nos rodea y descubriendo efectos secundarios que

antes pasaban desapercibidos.

Ciertas perturbaciones ambientales han comenzado a aparecer a escala global. Accidentes industriales ocasionales, como los de Bhopal (India), Seveso (Italia), Chernobyl (Rusia) nos hacen ver que la producción en gran escala de productos, requeridos por los consumidores, requiere el manejo de grandes cantidades de materiales potencialmente muy peligrosos. La tragedia de Bhopal nos pone frente a un dilema. El hecho ocurrió en un país plagado de hambre y los productos tóxicos que se elaboraban en la planta siniestrada eran usados para producir compuestos que anualmente salvaban millones de vidas por incrementar la producción de alimentos.

Pasando al lado positivo podemos señalar que la conciencia pública, respecto a la calidad ambiental, está creciendo. Ya hay encuestas serias que, por ejemplo en Estados Unidos, marcan esta tendencia; gran parte de la población acepta pagar más por productos no contaminantes o preparados por vías no contaminantes (por ejemplo, nafta sin plomo) y hasta están dispuestos a pagar más impuestos para mejorar el ambiente. Esta actitud está traspasando las fronteras favorecida por el hecho que no se trata de un problema que deba y pueda ser resuelto por un país sino que es una cuestión que atañe al planeta entero.

Se requieren estrategias efectivas para salvaguardar el planeta. Para elaborar estas estrategias debemos ser capaces de responder acertadamente a una serie de preguntas tales como:

* ¿Qué sustancias indeseables o potencialmente peligrosas están presentes en el agua, aire, suelo y alimentos?

* ¿De dónde provienen esas sustancias?

* ¿Cuáles son las alternativas para reducir o eliminar dichas sustancias?

* ¿Qué relación hay entre el tiempo de exposición a una sustancia dada y su peligrosidad?

* ¿Cómo elaborar una lista de prioridades para atacar los problemas más urgentes?

* ¿Cómo elegiremos entre las opciones disponibles que ofrecen acciones correctivas?

En la búsqueda de la respuesta a todas estas preguntas, salvo la última, están involucrados los químicos.

Necesitamos más químicos que desarrollen técnicas analíticas más sensibles y selectivas para encontrar las sustancias presentes en el medio. Para descubrir el camino seguido por los contaminantes hasta su origen se requiere que los químicos trabajen asociados con especialistas en meteorología, oceanografía, vulcanología, clima, biología e hidrología. Encontrar el origen de algunos contaminantes puede demandar el conocimiento detallado de las reacciones químicas que tienen lugar entre la fuente de polución y los productos nocivos o tóxicos finales. En consecuencia el desarrollo de opciones requiere el concurso de toda la Química.

Si la mortalidad mundial debida a la malaria no puede ser reducida con el uso del DDT debido a su persistencia en el ambiente, ¿qué sustancias deberán sintetizarse que sean igualmente efectivas para combatir la malaria pero que se descompongan espontáneamente?

Si tenemos que usar fuentes de energía de baja calidad para satisfacer nuestras necesidades, ¿qué catalizadores y nuevos procesos pueden desarrollarse para no agravar los problemas de la lluvia ácida y la liberación de carcinógenos al ambiente en las usinas que queman carbón?

Nuestra sociedad debe asegurar la salubridad de las industrias químicas si se desea disponer de una alerta temprana de los daños al ambiente emergentes de su actividad, comprender los orígenes de dicha degradación y tener opciones económicamente aceptables entre las que poder elegir.

Otras disciplinas hacen sus propias contribuciones pero ninguna juega el rol central de la Química en estos problemas.

La pregunta que se refiere a qué exposición a una sustancia debe considerarse peligrosa, es exclusiva de la medicina, toxicología y epidemiología. Estas disciplinas científicas hacen frente a serios desafíos ahora que la sociedad reconoce la relación inversa que existe entre cuánto puede disminuirse el riesgo y el costo social para lograrlo.

La medicina debe profundizar sus conocimientos sobre los riesgos asociados con sustancias tales como el plomo en la

atmósfera, cloroformo en el agua potable, estroncio en la leche, benceno en los lugares de trabajo y formaldehído en el hogar, etc.. El enunciar cualitativamente que tal o cual sustancia es carcinógena no basta. Debemos ser capaces de evaluar los riesgos y costos contra los beneficios que se perderían si el uso de una determinada sustancia fuera prohibida. También debemos estar en condiciones de comparar esos riesgos con aquellos presentes que se originan por los niveles naturales.

A pesar de todo la sociedad debe ser conciente que no puede afrontar el costo excesivo que implica la eliminación total de los riesgos (riesgo cero) dado que a medida que el nivel de riesgo se aproxima a cero los costos tienden a infinito.

Finalmente, la selección de una o varias alternativas tendientes a solucionar estos problemas se traslada a la arena pública y particularmente política. Tanto los químicos como los científicos que trabajan en las otras áreas del conocimiento tienen una responsabilidad muy grande en lo que respecta a la exactitud de la información que proveen. Toda decisión política merece y requiere la mejor y más objetiva información científica. No hay nada más frustrante para la sociedad que ser enfrentada con problemas y tener que tomar una decisión sin contar con el conocimiento adecuado de la ciencia involucrada. Los científicos, incluidos los químicos, deben aceptar la responsabilidad que les cabe en la difusión al público, los medios y al gobierno, de un cuadro factual expresado en un lenguaje claro y libre de la jerga técnica.

Todas nuestras estrategias de protección deben basarse en umbrales de peligro reales y en nuestra habilidad para detectar; en el medio, las sustancias peligrosas antes que alcancen dichos umbrales. Los químicos deben continuar refinando las técnicas de análisis de manera tal que, aún en muy bajas concentraciones, una sustancia pueda ser monitoreada desde mucho antes que se desate el pánico por la necesidad de encontrar una solución. Cuando esto es posible se puede decir que la detección es sinónimo de protección. Desafortunadamente es común que la sociedad y los gobiernos confundan detección con peligro. Esto se basa en la creencia popular que una sustancia demostrada tóxica a una concentración dada lo será a cualquier otra y viceversa. Hay

muchos ejemplos que prueban que, en general, esto no es cierto.

Consideremos el monóxido de carbono (CO). Este gas, siempre presente en la atmósfera es peligrosamente tóxico en concentraciones que excedan las 1000 ppm y se considera que no tienen efectos negativos sobre la salud exposiciones prolongadas a concentraciones que aún excedan las 10 ppm. No debemos, por lo tanto, llegar a la conclusión errónea de que es necesario remover todo el CO que hay en la atmósfera. Esto no solo sería imposible sino también tonto, dado que vivimos y nos desarrollamos en una atmósfera natural que siempre contiene CO en cantidades fácilmente detectables (aproximadamente 1 ppm). Nuestra tarea consiste en decidir en qué momento, entre el nivel de toxicidad y el nivel considerado seguro, debemos tomar medidas correctivas.

El selenio presenta otro problema interesante. Ciertas plantas que crecen en suelos que contienen selenio tienden a concentrarlo y llegar a niveles tan altos que un animal que ingiera dicha planta se envenena. Un ejemplo de este tipo de plantas es el *Astragalus*, conocida como "hierba loca". El trigo puede realizar lo mismo y mientras los humanos no son afectados; las gallinas alimentadas con el mismo grano producen embriones deformes. Por otro lado, se sabe que el selenio es fundamental en la dieta de ratas, gallinas y cerdos. Más aún, se ha encontrado que el selenio, en niveles apropiados, es un anticarcinógeno natural, dado que es un componente de la enzima glutathione peroxidase que es responsable de la descomposición de los peligrosos hidroperóxidos.

En China, las poblaciones infantiles con bajo nivel de selenio en sangre sufren de miocarditis múltiples (enfermedad de Keshan) y los adultos muestran niveles altos de muerte por cáncer, en particular cáncer de hígado. Concretamente, el selenio es indispensable para la vida animal y humana y se convierte en tóxico a niveles excesivos. Para un adulto la ración diaria de selenio debe ser de 50 a 100 μg . El nivel permitido de selenio en el agua potable es de 10 ppb (partes por billón). Este nivel fijado para evitar cualquier riesgo de toxicidad es una 10 veces menor que el nivel requerido para mantener una salud óptima.

Este ejemplo nos muestra cómo el hecho de detectar trazas de un elemento tóxico a altas concentraciones, no implica un riesgo para la salud. Bien por el contrario, esta detección temprana nos da el tiempo suficiente para discutir y analizar detenidamente las fuentes, caminos y niveles a los cuales hay que tomar acciones correctivas; nuevamente surge la expresión: detección es protección.

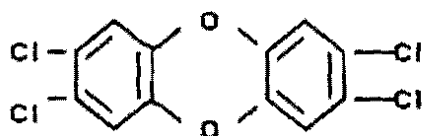
Algunas personas claman por la llamada aproximación a la situación de riesgo cero en lo que se refiere a la polución ambiental. Riesgo cero significa la remoción absoluta de toda sustancia tóxica o potencialmente tóxica de nuestra atmósfera. En el ejemplo del CO esta postura implica eliminar hasta la última molécula de CO de la atmósfera. Actualmente se está reemplazando la filosofía utópica de riesgo cero por la de evaluación y control del riesgo.

En ambos casos, evaluación y control del riesgo, el punto crucial es poder analizar sistemas muy complejos como el aire, agua, suelo y sistemas biológicos, todos formados por cientos de productos naturales. Las conclusiones referidas a las fuentes, movimiento y destino de contaminantes; dependen de medidas precisas en el ambiente sin importar que se trate de lluvia ácida, cambio global del clima, destrucción de la capa de ozono o disposición de desechos tóxicos. Decisiones altamente costosas son a veces tomadas en base a información ambiental que es peligrosamente inadecuada e imprecisa. La mejor inversión con réditos futuros sería alentar y desarrollar investigaciones a largo plazo en lo que podríamos llamar ciencia ambiental, y al mismo tiempo, invertir en mejorar las técnicas de monitoreo, lo que evitará la necesidad de costosos programas de emergencia.

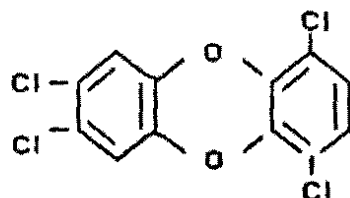
Un incremento en la efectividad de las mediciones ambientales requiere herramientas mejoradas. El desafío está en lograr detectar y medir concentraciones muy bajas de sustancias que se encuentran en una mezcla muy compleja y que al mismo tiempo contienen varias sustancias nocivas. Los objetivos principales son mejorar la sensibilidad, selectividad, separación, muestreo, exactitud, velocidad e interpretación de los resultados. Por ejemplo, una línea activa de investigación está conectada con las técnicas de separación que permitan un

análisis rápido y certero de mezclas complejas de contaminantes y pesticidas encontrados en deshechos químicos, ríos y lagos contaminados y muestras biológicas.

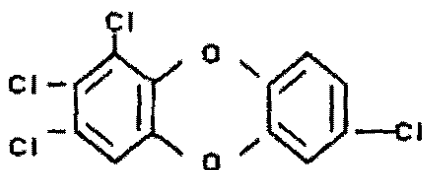
Un éxito notable ha sido el desarrollo de técnicas analíticas que permiten la separación y determinación cuantitativa de cada uno de los 22 isómeros de la tetraclorodioxina a un nivel de partes por trillón (1 parte en 10^{12}).



2,3,7,8-tetraclorodioxina



2,3,6,9-tetraclorodioxina



1,2,3,7-tetraclorodioxina

Especies muy reactivas en la atmósfera no pueden ser llevadas al laboratorio para su estudio. Estas sustancias plantean un desafío especial dado que requieren el desarrollo de técnicas de análisis remoto. Un éxito del pasado en esta área es, por ejemplo la posibilidad de determinar por espectroscopía infrarroja la concentración de formaldehído y ácido nítrico en la atmósfera a más de un kilómetro de distancia. Con estos experimentos es posible determinar en forma simultánea las concentraciones de formaldehído, ácidos fórmico y nítrico, nitrato de peroxiacetilo y ozono en el aire al nivel de partes por billón (1 parte en 10^9). Notemos que estas concentraciones son bajas para producir irritación pero son suficientes para provocar efectos notables en las reacciones químicas atmosféricas.

Dispositivos laser basados en una tecnología similar a la del radar, llamadas lidar, han sido utilizados con éxito en la detección y medición de dióxido de azufre a nivel de ppm en el

humos de usinas que queman carbón, a varios kilómetros de las mismas. Diodos laser sintonizables son capaces de detectar inmediatamente la presencia de contaminantes en el caño de escape de motores de combustión interna.

Varias técnicas laser incluyendo absorción, fluorescencia y Raman coherente, necesitan ser examinadas más detalladamente para extender su uso al análisis de la atmósfera. Uno de los objetivos debe ser lograr mejores medidas en la troposfera (capa de la atmósfera más próxima a la superficie terrestre) y en la estratosfera (capa siguiente). Se necesitan métodos rápidos, confiables y más económicos para medir trazas de especies, que como los radicales ox drilos, juegan papeles importantísimos en la química atmosférica.

La investigación tendiente a dilucidar el estado de los constituyentes del ambiente está ganando importancia día a día porque actualmente reconocemos que, tanto la toxicidad como la movilidad, varían mucho con el estado de la especie química.

El cromo hexavalente es tóxico, mientras que el trivalente lo es mucho menos, y para algunas formas de vida es indispensable. El arsénico en algunas formas se mueve rápidamente a través del agua subterránea, mientras que otras formas son retenidas fuertemente, adsorbidas en las rocas y la superficie del suelo. De los 22 isómeros de la tetraclorodioxina, una es miles de veces más tóxica que el resto. Estos ejemplos ilustran la importancia de los métodos analíticos que permitan la identificación de la forma química como así también, la cantidad de contaminantes potenciales. La electroquímica, cromatografía y espectrometría de masa, son algunas de las herramientas más poderosas con las que contamos.

La complejidad de los problemas ambientales requieren el análisis de cantidades enormes de datos. Se necesita realizar investigación que ayude en la interpretación y uso racional de estos datos. Desarrollos en el campo de la inteligencia artificial que emplea el reconocimiento de patrones proveerá una ayuda invaluable en esta área. Los recientes avances en el desarrollo de microprocesadores y pequeñas computadoras permiten la construcción de dispositivos de medida "inteligentes". También se deberá prestar atención a la organización,

almacenamiento y recolección de datos del ambiente.

1. Energía y polución:

Como toda actividad humana, la producción de energía tiene un cierto impacto sobre el ambiente y puede representar un riesgo para la salud. Estos efectos serán particularmente importantes por el hecho de que el sector energético representa un gran porcentaje de la actividad económica y además porque se halla concentrada en un número relativamente pequeño de usinas de gran potencia.

Cuando se habla de polución conviene distinguir entre el régimen normal de funcionamiento y las circunstancias excepcionales que se combinan para desembocar en una catástrofe. El límite entre ambas situaciones que es bien difuso depende, al mismo tiempo, de la importancia de sus efectos, las implicancias sobre la población en su conjunto y los impactos a mediano y largo plazo.

En este capítulo nos limitaremos al análisis de la polución provocada en régimen normal por la producción de energía.

1.1 Contaminación física:

Sabemos que para obtener energía mecánica a partir de una fuente de calor es necesario calentar el medio, sea el agua de un río, lago, mar o la atmósfera misma. Por ejemplo una central nuclear que produce 1 GW a circuito abierto consume unos $50 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua la que es devuelta a su fuente a unos 10°C por encima de la temperatura a la que fue captada. Este problema también está presente en las usinas térmicas clásicas. Si el agua de entrada está a 20°C la de salida estará a unos 30°C , el efecto no parece serio a menos que se considere que, por ejemplo, los salmones mueren si la temperatura del agua alcanza los 26°C , que a esas temperaturas se desarrolla otra flora acuática y que la capacidad de autodepuración del sistema es deprimida fuertemente. Los mismos efectos se presentan en el mar sobre todo en las costas bajas y los estuarios; un ejemplo en nuestro país es la central Piedrabuena situada en la ría de Bahía Blanca.

Un intento de remediar este problema lo constituyó el

refrigerador atmosférico, el cual consiste en una torre de enfriamiento común; esta solución no es adecuada dado que provocan un aumento de la niebla y la formación de escarcha.

Otro tipo de contaminación presente es la contaminación sonora de la cual no nos ocuparemos por ser del dominio de la física y la medicina.

1.2 Otros tipos de contaminación:

Otro tipo de polución es la del tipo pulverulento, es decir partículas de polvo lanzadas a la atmósfera aunque sea en extensiones pequeñas. Por ejemplo, en la industria del carbón la silicosis fue la causa de 700 muertes en 1980 solamente en Francia, se calcula que en promedio se producen 70 muertes por GW producido por año.

La combustión de carbón y de petróleo libera, entre otros productos, óxidos de nitrógeno, de azufre y de carbono (CO_2 , NO_x y SO_2 principalmente). Más adelante nos ocuparemos de estos gases al tratar el problema de la atmósfera, ahora sólo mencionaremos que estos gases son responsables de problemas vasculares y respiratorios que en algunos casos conducen a la muerte. La instalación de una central de 1 GW de potencia, que quemé carbón con un tenor de azufre del 3% sin proceso de desulfurización del humo, provocaría un aumento del 6% de enfermedades cardiovasculares y aproximadamente 70 muertes anuales por estas causas.

Otro aspecto fundamental es la contaminación radioactiva, la cual adquiere importancia por sus efectos instantáneos y a largo plazo.

Un balance de los riesgos no se puede hacer con total seguridad debido a las incertidumbres involucradas en los cálculos. En la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de dos fuentes distintas.

	CARBON		NUCLEAR	
	1	2	1	2
Accidentes mortales (obreros)	1	2	0.4	0.2-0.5
Enfermedades profesionales	1-7	2	0.8	0.3
Muertes producidas por los deshechos	1-100	0.4-25	0.01-0.1	0.2

(muertes por GW producido y por año).

1.3 Fuentes de energía:

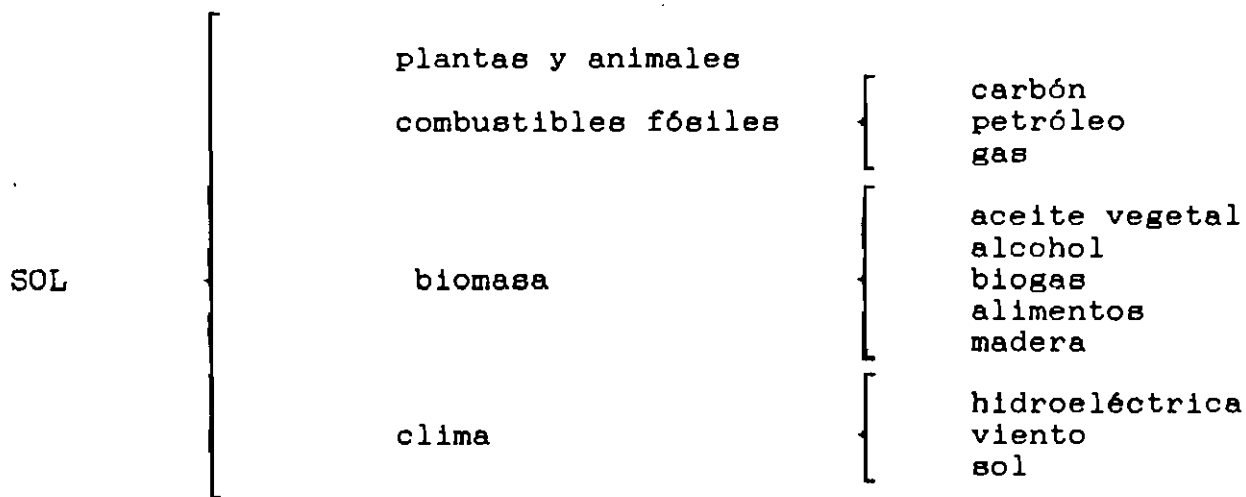
Las fuentes de energía que hemos analizado hasta ahora pertenecen a un solo grupo.

Las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables.

* Las no renovables incluyen a los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y los combustibles nucleares (yacimientos de uranio).

* Las renovables incluyen: biomasa, geotermia, solar, mareas e hidroeléctrica.

Los orígenes de estas fuentes y sus derivados se muestran en el cuadro de la página siguiente.



TIERRA	}	nuclear: fisión (uranio) y fusión (hidrógeno)
		geotérmica
LUNA	}	mareas

Las fuentes de energía renovables a veces se conocen como no convencionales y tienen la ventaja de ser poco contaminantes o en algunos casos directamente no contaminantes.

La conversión directa de luz en energía eléctrica se puede realizar a través del uso de celdas fotovoltaicas con una eficiencia no mayor que el 20% y por lo tanto de poca utilidad por el momento.

Otra posibilidad muy interesante es la producción de hidrógeno a partir del agua por electrólisis, usando energía solar.



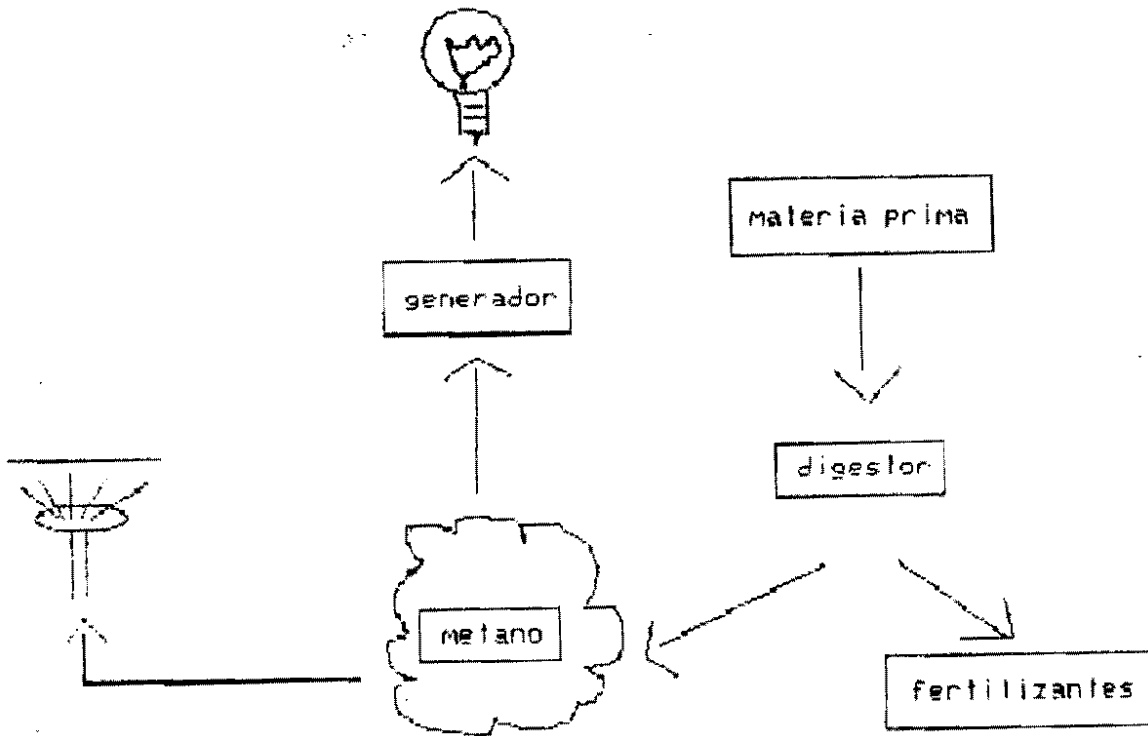
La eficiencia de la electrólisis es de alrededor del 83% pero al igual que en el caso anterior el rendimiento económico no es bueno, al menos por el momento.

Otra forma de obtener hidrógeno del agua es por conversión fotoquímica. Hay dos líneas de investigación en esta área: una biológica y la otra bioquímica. La aproximación biológica emplea microorganismos que descomponen el agua. La ruta bioquímica emplea enzimas obtenidas de microorganismos. Ambas aproximaciones aún no son aplicables pues la velocidad y duración de la producción son bajas.

Otra fuente de energía es la biomasa. La biomasa incluye todos los materiales animales y vegetales, vivos y muertos. La biomasa es una forma de almacenamiento de energía. Los hidratos de carbono, grasas y proteínas nos proveen de energía. La madera es y ha sido utilizada por la humanidad para obtener energía desde los comienzos de la historia, en la actualidad el uso de biogas y alcohol están ganando importancia.

El biogas es fundamentalmente metano (CH_4). Una planta de biogas emplea como materia prima desechos animales y vegetales.

En la figura se presenta un esquema simplificado del sistema.



Las plantas productoras de biogás aumentan rápidamente en China ($4.3 \cdot 10^6$), India (600000) y Corea (30000).

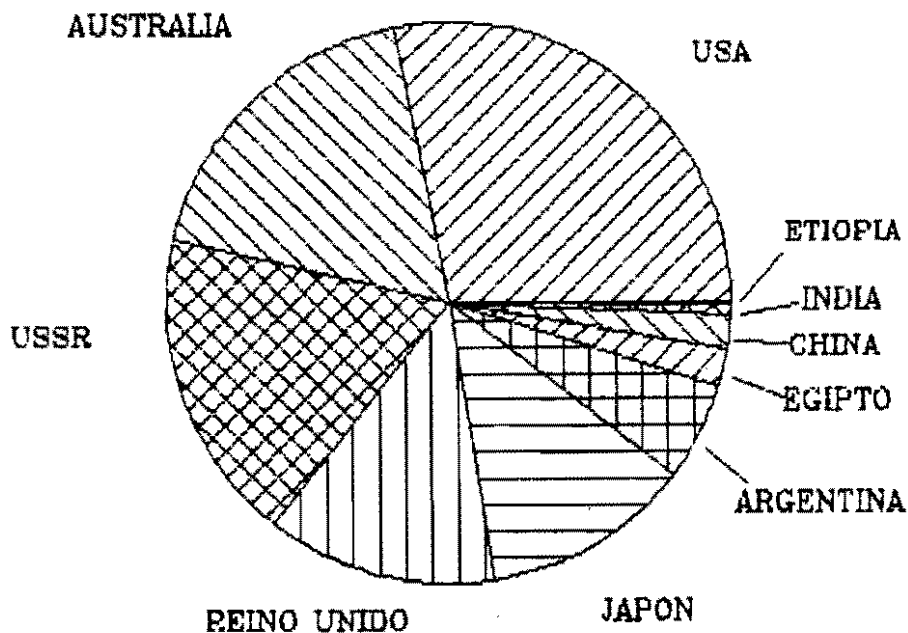
A pesar de los problemas que resuelven, estas metodologías alternativas aún presentan un problema serio y es el la contaminación atmosférica con dióxido de carbono, del que nos ocuparemos más adelante.

Otra cuestión que agrava la situación y hace imperativo que busquemos una solución ahora, es la creciente demanda global de energía. En la tabla que sigue se presentan algunos datos que ilustran esta cuestión.

PRODUCCION DE ENERGIA EN EXAJ (10¹⁸ J)

	1985	2000	2020
FUENTE			
Carbón	115	170	269
Petróleo	216	195	106
Gas	77	195	106
Nuclear	23	88	314
Solar, geotérmica, etc.	33	56	100
Otras	0	4	40
TOTAL	464	656	954

En la figura que sigue podemos apreciar donde está ubicado nuestro país en lo que hace a consumo de energía medido como su equivalente en kg de petróleo. Para los Estados Unidos corresponde un valor de 7302 kg de petróleo per cápita y para la Argentina dicho valor es de 1460.

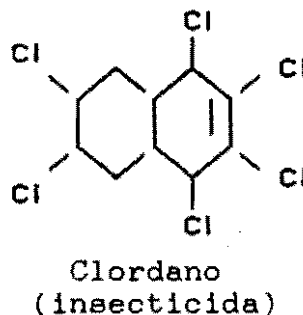
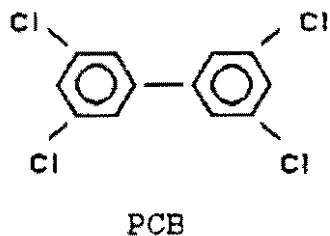
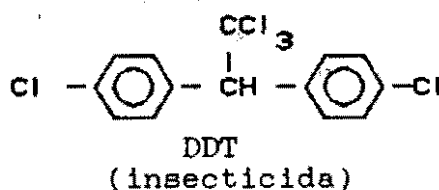
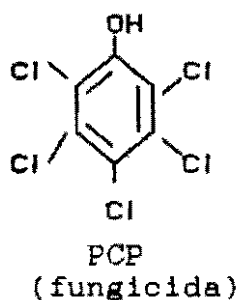


2. Pesticidas y herbicidas:

Otra fuente de polución que afecta principalmente las fuentes de agua y la tierra son los pesticidas y herbicidas.

No cabe ninguna duda del valor económico y social de los pesticidas y herbicidas. Ellos no solo han sido responsables de la eliminación de plagas que devastaban los cultivos, sino que también ayudaron a mejorar la producción de alimentos en el mundo entero. La FAO estima que aproximadamente 35 Mt de alimentos son destruidos anualmente por la acción de ratas, insectos, predadores y hongos. En algunos países subdesarrollados esta pérdida alcanza al 40% de los alimentos que se almacenan.

Algunos de los pesticidas y herbicidas más conocidos son:



Estas sustancias han sido aplicadas a la lucha contra los mosquitos, mosca tsé-tsé, langostas y como herbicidas selectivos. A pesar de todo uno de los problemas asociados al uso de compuestos organoclorados es su impacto sobre el equilibrio ecológico. La destrucción sistemática de un tipo de insecto puede afectar la cadena alimentaria del sistema ecológico con la consecuencia que una peste es reemplazada por otra. El uso de compuestos organoclorados, como el DDT, para combatir los mosquitos portadores de la malaria, deja residuos

tóxicos en pájaros y peces. Aún aquellos compuestos que no dejan residuos tóxicos pueden ser peligrosos. El paraquat es un ejemplo; éste es una sal de dimetilbipiridinio del cual, por ejemplo, Tailandia importó en 1981 $4 \cdot 10^6$ kg para usarlo como herbicida en las plantaciones de caucho y en los arrozales. Luego se hallaron grandes cantidades de paraquat en ríos y otras fuentes de agua, constituyéndose en el mayor desastre ecológico provocado por el hombre. Millones de peces fueron envenenados y muertos siendo éstos la principal fuente de proteínas de la población rural tailandesa.

Existen aún otros peligros asociados al uso de pesticidas y herbicidas y a su mal manejo o empleo. En general las naciones subdesarrolladas son las que más sufren por esta causa. En 1972 estas naciones denunciaron la mitad de los 250000 casos de accidentes, que incluyen 6700 muertes, con herbicidas e insecticidas; mientras que en ese año sólo consumieron el 15% de la producción mundial. Los compuestos responsables de dichos accidentes incluyen al paraquat, DDT, PCP y aldrina. Compuestos como el DDT y la aldrina se continúan empleando masivamente en los países subdesarrollados mientras que en Europa y Estados Unidos han sido severamente restringidos. Los campesinos, que son los principales usuarios de estos compuestos, en general son analfabetos incapaces de leer las etiquetas y es común encontrar cómo los recipientes vacíos se usan para transportar agua y aún para cocinar los alimentos.

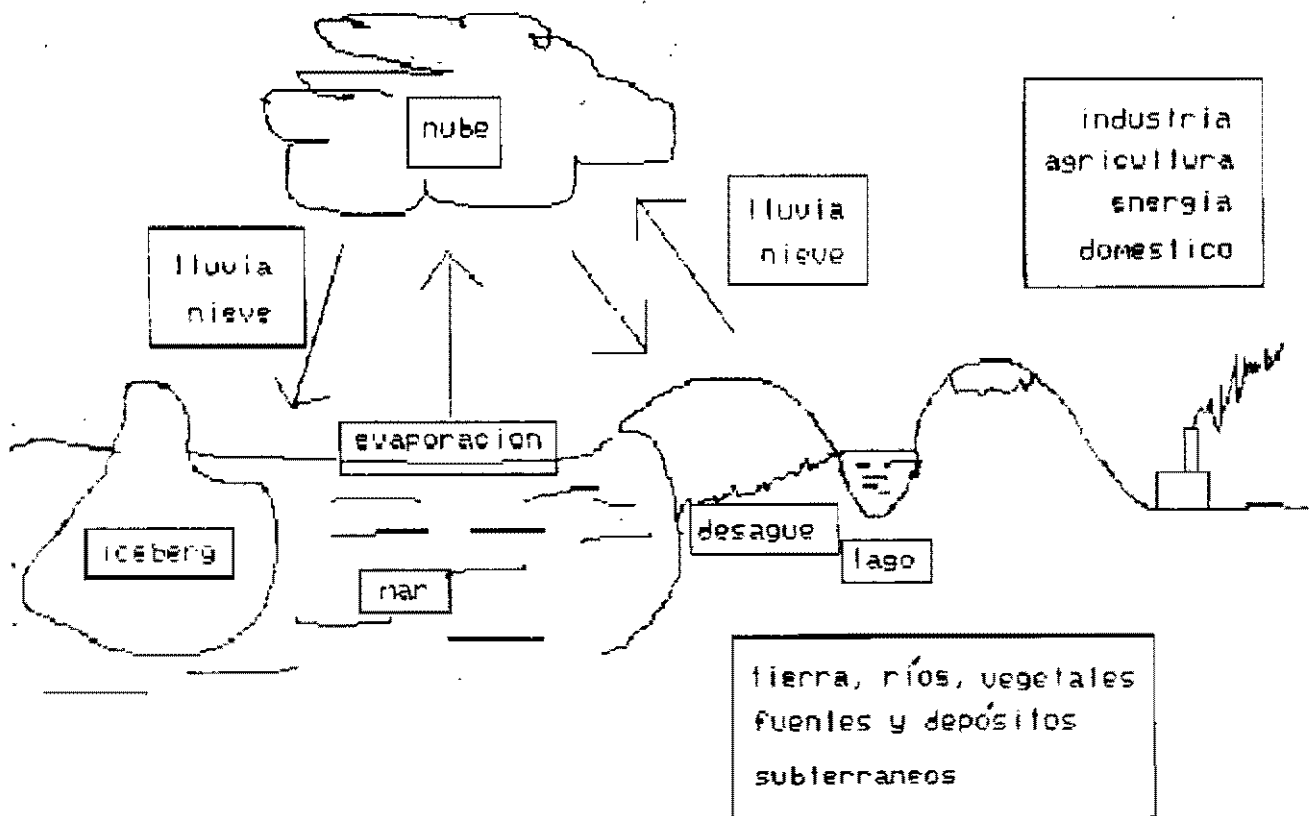
En 1976 alrededor del 30% de los pesticidas exportados por los Estados Unidos estaban prohibidos allí. En 1982 Kenia aún importaba aldrina para uso masivo aún sabiendo que esta sustancia es cancerígena y que causa daños fetales y desórdenes nerviosos.

3. Agua más limpia

3.1 Fuentes y usos del agua:

De las aproximadamente 10^{18} toneladas de agua del planeta solamente el 3% es pura y el 80% de ésta no está al alcance del hombre. Esto es debido a que se halla bloqueada en los glaciares y capas de hielo. El agua es accesible al hombre a través del ciclo hidrológico o ciclo del agua. Este ciclo se muestra de

manera esquemática en la figura que sigue.



El ciclo involucra unos 500000 km³ de agua por año, de los cuales teóricamente el hombre puede acceder a un máximo de 40000 km³ por año que es la cantidad de agua que desagua de la tierra al mar.

Precipitación	[km ³]	Evaporación	[km ³]
En el mar	390000	del mar	430000
En tierra	110000	de la tierra	70000
TOTAL	500000	TOTAL	500000

El uso del agua es a veces clasificado en: en curso o en corriente y de extracción. Alternativamente el agua puede clasificarse como consumida y no-consumida. El agua empleada en curso o no consumida abarca distintos tipos de aplicaciones entre las que figuran: navegación, generación hidroeléctrica y pesca.

El agua extraída o consumida, una vez utilizada, no está

disponible para su reutilización. Esta incluye el agua que es consumida y luego perdida por transpiración, agua incorporada a diferentes productos y agua descargada al océano. Aproximadamente 2500 a 3000 km³ de agua son consumidos en el mundo por año, de los cuales 10% tiene uso doméstico, 8% industrial y el restante 82% se emplea en agricultura, para irrigación.

Del consumo doméstico aproximadamente el 10% se malgasta. En Europa el consumo estimado es de 230 l por persona por día.

Del consumo industrial el 85% se destina a enfriamiento, el resto es usado en lavado, transporte hidráulico y como solvente. Alrededor de 0.5 millones de litros de agua se requieren en la fabricación de un auto común de cuatro puertas. El agua utilizada en agricultura está dedicada al riego. Cultivar 1 tonelada de algodón requiere alrededor de 11000 m³ de agua. Un zapallo común necesita 0.15 toneladas de agua para crecer y madurar.

Hay algunos cálculos que muestran que para el siglo XXI la cantidad de agua en uso en el mundo excederá la cantidad disponible por desagüe de la tierra al mar. Para solucionar este problema se deben encontrar nuevas formas de almacenar y "atrapar" el agua.

Como conclusión extraemos que nuestras fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, son bienes preciosos que debemos proteger y no malgastar. La mayoría de nosotros considera como algo natural que, cuando queremos beber, ir a nadar o a pescar, los ríos, arroyos y acuíferos son seguros para el uso que deseamos darles. Todos nuestros esfuerzos para proteger de la contaminación a grandes masas de agua no han resultado tan satisfactorios como sería de esperar. A pesar de todo algunos éxitos indiscutibles se han logrado en algunas partes del mundo; por ejemplo el caso del río Támesis, el lago Erie, que había sufrido la muerte biológica por falta de oxígeno (eutroficación) inducida por fosfatos y otros nutrientes, está siendo recuperado lentamente.

Una mejora en los sistemas de purificación acoplada con una atención más rigurosa del destino de desechos peligrosos son la llave para avances futuros. Para identificar y