

# **Contaminación del Aire – Un Manual para Periodistas**

Por Curtis Moore

Co-editor de **Salud y Aire Limpio**

http: [www.healthandcleanair.org](http://www.healthandcleanair.org)

Realizado por el Centro Internacional para Periodistas  
Washington, DC 20006

Patrocinado por los becas en Periodismo Ambiental  
Del Fondo del Ford Motor Co.



## International Center for Journalists

La limpieza del aire es un importante desafío para el siglo XXI, especialmente en países en vías de desarrollo donde la gente sobrepuebla las ciudades y donde los centros urbanos cada día se están asfixiando más por la contaminación ambiental. El apoyo y el entendimiento público de este problema son esenciales para combatir esta amenaza a la salud humana y al medio ambiente, y ninguno puede lograrse sin un buen periodismo. Este manual fue desarrollado por el Centro Internacional para Periodistas (ICFJ por sus siglas en inglés) y se hizo posible gracias a la ayuda del programa de becas de Periodismo Ambiental Ford y patrocinado por la Fundación Ford Motor Co. Está diseñado para ayudar a los periodistas y a los editores de todo el mundo a prepararse mejor para luchar contra las complejidades de la cobertura del tema de la contaminación del aire.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'David'.

David Anable, Presidente  
El Centro Internacional para Periodistas  
1616 H St., NW, Third Floor  
Washington, DC 20006

## Prólogo

Un grupo anuncia que está haciendo nuevos esfuerzos para controlar la contaminación del aire, y se ha asignado a un joven reportero para la historia. Es una nueva experiencia para él. Los expertos en contaminación lanzan términos extraños, tales como compuestos orgánicos, convertidores catalíticos y PM2.5.

Para muchos reporteros, el control de la contaminación del aire puede ser confuso. ¿Qué es lo que aquí importa? ¿Cómo se puede explicar este asunto? ¿Por qué debiera importar a algunos?

La contaminación del aire es una causa mayor de enfermedades – y de muertes – alrededor del mundo, especialmente en las áreas urbanas, y se está empeorando.

En muchos países en vías de desarrollo, la gente está migrando a las ciudades. Las calles están atestadas con autobuses, camiones y una aglomeración de automóviles privados todos ellos viejos. Los residentes urbanos respiran contaminantes que provienen de estos vehículos, así como también de las pequeñas empresas, industrias y plantas de energía eléctrica.

La mayoría de los habitantes de las ciudades saben lo que es sentir el aire contaminado. Usted se dirige a su casa en una tarde caliente. Los automóviles, camiones y autobuses arrojan nubes oscuras. Le arde la garganta o la siente inflamada. Siente opresión en el pecho. Su cabeza podría comenzar a sentirse como si tuviera una banda de acero apretada a su alrededor. Después de llegar a casa, podría sentirse mejor. Sin embargo, si la contaminación permanece allí día tras día, el daño a su cuerpo se acumula. En las grandes ciudades la contaminación causa enfermedades de una manera rutinaria a miles de personas y aun hace que la gente muera.

A pesar de que la contaminación del aire se ha convertido en un desafío de grandes proporciones para la salud pública, su gravedad se disfraza algunas veces con las palabras poco claras que utilizan los científicos e ingenieros. Por ejemplo, Se podrían referir al smog del ozono como un “oxidante” que causa “irritación respiratoria”. En realidad, el ozono es tan potente que se lo utiliza para esterilizar instrumentos médicos. En el pulmón humano, el ozono perfora agujeros a través de las paredes de las células. Puede hacer que la respiración sea dolorosa y, a través del tiempo, causa daños perennes similares al daño que causa fumar tabaco.

Para reducir la contaminación se requeriría mejorar el tránsito de las masas, instalar equipos de control para la contaminación en los vehículos y en la industria, hacer cambios en los combustibles, establecer en nuevos lugares las instalaciones que emiten contaminación, tener un mejor control de la distribución urbana, y más. Por lo general se hace necesaria la coordinación de programas en un nivel regional, estatal y local. Cualesquiera remedios requieren la comprensión y el apoyo del público. Que es donde usted, en su calidad de periodista, puede ayudar.

Este manual está estructurado para ayudar al periodista a comprender y explicar los elementos básicos de la contaminación del aire, sus efectos y los medios de control. Está estructurado de una manera tal para que un reportero pueda leerlo antes de hacer el

reportaje de una historia acerca de los contaminantes atmosféricos o hacer referencia al mismo en la fecha de entrega.

## ¿DE DÓNDE PROVIENEN LOS CONTAMINANTES DEL AIRE?

Los contaminantes atmosféricos son compuestos que, una vez añadidos al aire por medio de las actividades humanas causan, ya sea daños al ambiente o enfermedades, y aun la muerte.

Virtualmente toda la contaminación del aire proviene del fuego. Algunos contaminantes están atrapados dentro del combustible y se desprenden por medio del fuego. Otros se crean por medio del calor de la combustión. Aún más resultan de los productos de combustión al reaccionar con otros productos químicos en la atmósfera.

Todos los combustibles que se utilizan hoy en día—carbón de piedra, petróleo, gasolina, madera, estiércol o lo que sea—contienen carbono. Si el combustible se quema completamente, produce dióxido de carbono, lo cual contribuye al calentamiento global. Cuando la combustión es incompleta, se produce el contaminante monóxido de carbono. Sin embargo, el combustible no es carbono puro. Puede contener muchos compuestos que contaminan el aire.

## CONTAMINANTES DEL COMBUSTIBLE

### EL CARBÓN DE PIEDRA CONTIENE:

- Metales pesados tales como— **ARSÉNICO, SELENIO MERCURIO Y VANADIO**
- materiales radioactivos—**URANIO, TORIO, RADIO Y RADÓN;**
- azufre, el cual cuando se quema se convierte en— **DIÓXIDO DE AZUFRE**, el cual se convierte entonces en **ÁCIDO SULFÚRICO Y PARTÍCULAS FINAS.**
- algunos de estos materiales o no se queman completamente o, como los metales, no se queman para nada. El residuo se eleva por la chimenea como— **MATERIAL PARTICULADO, o TIZNE**

### EL PETRÓLEO Y SUS PRODUCTOS REFINADOS (DIESEL, GASOLINA, COMBUSTIBLE DE REACCIÓN, Y OTROS COMBUSTIBLES) CONTIENEN:

- Metales pesados tóxicos, tales como —**ARSÉNICO, CROMO, MANGANESO Y NÍQUEL;**
- **AZUFRE;**

- **COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES**, o compuestos con base de carbono, por ejemplo: **BENCENO, TOLUENO Y XILENO**, muchos de los cuales se conocen o se sospechan que son causas de cáncer;

cuando éstos se queman, forman muchos contaminantes—  
**ACETALDEHÍDO, ETILOBENZOL, FORMALDEHÍDO ASÍ  
 COMO DIOXINAS Y FURANOS, QUE ALGUNOS CIENTÍFICOS  
 CONSIDERAN SER LOS PRODUCTOS QUÍMICOS MÁS  
 TÓXICOS DE TODOS LOS QUE SE CONOCEN.**

productos químicos que se añaden para mejorar la combustión o para cambiar alguna calidad del combustible—tales como **PLOMO** tóxico y **ÉTER BUTÍLICO METILO TERCIARIO (EBMT)**;

### **OTROS CONTAMINANTES -- QUE RESULTAN DEL CALOR DE LA COMBUSTIÓN O DE LAS REACCIONES DE LOS PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN EN EL AIRE, INCLUYEN:**

**ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>)**, entre los cuales es el más común es el **DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)**.

**OZONO**, que se lo denomina "SMOG" en todo el mundo, se crea cuando los óxidos de nitrógeno reaccionan con productos químicos orgánicos tales como la gasolina sin quemar.

El **ÁCIDO SULFÚRICO** se crea cuando el dióxido de azufre reacciona con agua y oxígeno en el aire. Se denomina comúnmente como lluvia ácida, a pesar de que puede ser también neblina ácida, nieve ácida, o aun partículas secas ácidas.

El **ÁCIDO NÍTRICO** se desarrolla cuando los óxidos de nitrógeno reaccionan con agua y oxígeno en el aire.

**PRODUCTOS QUÍMICOS ORGÁNICOS.** Cientos de productos químicos enteramente nuevos, muchos de los cuales son bastante venenosos, surgen del desprendimiento de combustibles sin quemar y escapes de refinerías, pinturas, plantas impresoras, lavanderías en seco, panaderías y demás.

***UNOS POCOS DE LOS NUEVOS CONTAMINANTES NO TIENEN NADA QUE VER CON LAS LLAMAS O CON LOS COMBUSTIBLES:***

Algunos son productos, tales como **CLOROFLOUROCARBONOS (CFCS)**, los cuales destruyen el ozono beneficioso en la capa superior de la atmósfera y contribuyen también al calentamiento global.

Algunos, como el DDT, son productos químicos artificiales utilizados para aniquilar las plagas de la agricultura; otros se crearon para propósitos industriales, como

los policlorobifenilos, PCB por sus siglas en inglés [Polychlorinated Biphenyls]. Un grupo de éstos que quedan rezagados durante muchos años dentro del aire y del suelo, acrecentándose dentro de los tejidos de animales y seres humanos se denominan colectivamente **CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES**.

Algunos resultan de procesos específicos de manufactura. Incluyen:

**FLUORUROS**, que pueden matar al ganado o envenenar el pasto, son emitidos por fundidores de aluminio;

**PLOMO, ZINC Y OTROS METALES PESADOS** que se derraman de las chimeneas de los fundidores de metales o de los recicladores.

**EMISIONES DE HORNOS DE COCA**, humo que causa cáncer proveniente de los grandes acerías que hacen el acero de minerales metálicos;

**PERCLORURO DE ETILENO (PERC)** escape de máquinas para lavado en seco;

**SULFURO DE HIDRÓGENO** de las fábricas de pulpa y de papel que cubre cientos de kilómetros cuadrados con un olor nauseabundo de huevos podridos.

\* \* \*

## **Muerte y enfermedad debido a la contaminación del aire**

### **Instantáneas de seis contaminantes atmosféricos comunes**

#### ➤ **OZONO**

El ozono, o el O<sub>3</sub>, es un compuesto relativamente raro en el aire. En la estratosfera es beneficioso para los seres humanos, desde donde ayuda a proteger a la tierra de los rayos ultravioleta dañinos. Pero cerca del nivel de la superficie terrestre, es dañino tanto para los animales como para las plantas.

El ozono es un gas casi invisible tan tóxico que alguna vez se lo usó ampliamente para esterilizar instrumentos de laboratorio y todavía se lo utiliza en muchas ciudades (en Los Ángeles y en Zurich, Suiza, por ejemplo) para desinfectar el agua potable. Así como el decolorante de cloro, el ozono destruye la materia orgánica, incluyendo el tejido humano, al oxidarlo.

- En niveles encontrados de manera rutinaria en la mayoría de las ciudades, el ozono se quema perforando las paredes de las células en los pulmones y las vías respiratorias. Los tejidos se vuelven rojos y se hinchan y, con el correr del tiempo pierden su elasticidad. Las células macrófagas se precipitan a la defensa del pulmón, pero quedan pasmadas por el ozono. La susceptibilidad a infecciones causadas por bacterias aumenta. Cicatrices y lesiones se forman en las vías respiratorias. A niveles de ozono que prevalecen durante gran parte del año en las ciudades grandes con un clima cálido, el ejercicio causa una respiración rápida,

- poco profunda y dolorosa a las personas jóvenes saludables que no fuman.
- Estudios de la población han vinculado al ozono no solamente con la muerte, sino al desarrollo del asma.

#### ➤ **DIÓXIDO DE AZUFRE**

Un gas invisible que se crea cuando el azufre que contiene el combustible de carbón de piedra, petróleo o diesel se quema, el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) experimenta también una reacción química en la atmósfera para formar dos otras formas de contaminantes, sulfatos y ácido sulfúrico. Cada uno es peligroso. Hasta el año de 1985 Japón había designado a cerca de 91.665 residentes como “víctimas” del dióxido de azufre los cuales reciben pagos por incapacidad así como por gastos médicos y funerarios que proviene de un impuesto dedicado al SO<sub>2</sub>.

- Los asmáticos, especialmente los niños, son especialmente vulnerables al dióxido de azufre. Asma es la causa principal de enfermedades crónicas entre los niños, y un niño o un adulto asmático que se encuentre expuesto al dióxido de azufre, puede, en cuestión de minutos, quedarse sin aliento. En México el asma ha aumentado considerablemente. Según un estudio, las hospitalizaciones por causa del asma se elevaron de 10 por cada 100.000 en 1960 hasta llegar a 140 por cada 100.000 en 1994. Las incidencias más altas para hospitalización y visitas al médico fueron de las personas menores de 4 años de edad y aquellas mayores de 60 años de edad.<sup>1</sup>
- El dióxido de azufre activa una hinchazón repentina en el tejido de las vías respiratorias que ahoga la respiración. Parte del SO<sub>2</sub> se extirpa del aire por medio de los conductos nasales, pero un asmático que hace ejercicio—uno que sube tan poco como tres o cuatro pisos por las escaleras—o uno que padece de un resfrío o influenza, tiene la tendencia de respirar por la boca, pasando por alto esta línea de defensa y aumentando la susceptibilidad de ataques activados por la contaminación. Los ataques en los asmáticos mayores edad llamados “intrínsecos” o severos se pueden activar, aun cuando estén descansando.

#### ➤ **MATERIAL PARTICULADO**

El material particulado varía en tamaño y en composición dependiendo en gran parte de su origen. Las partículas más grandes son usualmente el polvo o la arena que el viento sopla. Las partículas más finas—referidas frecuentemente como PM<sub>10</sub> o como PM<sub>2,5</sub> porque son más pequeñas que 10 ó 2,5 micrones (la millonésima parte de un metro), respectivamente—se derivan principalmente de la combustión del carbón de piedra, petróleo, gasolina y combustibles de diesel.

- La evidencia de que el material particulado causa la muerte es “absolutamente completa” según las palabras del Dr. David Bates, miembro de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos y anterior Rector de la Escuela Médica de la Universidad de British Columbia. En los Estados Unidos, estudios llevados a cabo en California, Missouri, Tennessee, Ohio, Pensilvania, Utah y Alabama han demostrado que la incidencia más alta de las partículas en el aire dan como

<sup>1</sup> Salas Ramírez M, Segura Méndez NH, Martínez-Cairo Cueto S. “Tendencias de mortalidad por causa del asma en México”, Bol Oficina Sanit Panam. 1994 Abril; 116(4):298-306.

- resultado más número de muertes. Los estudios llevados a cabo en Ciudad de México han encontrado la misma relación.
- Las partículas están también relacionadas con una amplia gama de enfermedades. Así como los niveles de las partículas aumentan, también aumenta la incidencia de narices destilantes o de obstrucción nasal, sinusitis, irritación en la garganta, tos floja, resfríos cefálicos, fiebre del heno, ardor en los ojos u ojos rojizos, respiración sibilante, tos seca, flema, respiración jadeante, y malestar o dolor del pecho, así como aumentan los ingresos al hospital por causa del asma y de la bronquitis. Lo mismo con tos crónica, asma y enfisema.
  - Las partículas más grandes quedan atrapadas y después las expulsan las defensas naturales de los pulmones—los pelos pequeños, el moco y las células con un cilio muy pequeño en forma de látigo. El humo, el tizne y otras partículas relacionadas con la combustión son tan pequeñas, sin embargo, que penetran y se ubican muy adentro del pulmón. Cuando las partículas de combustión se introdujeron dentro de los pulmones de los conejillos de indias de una manera artificial, el daño ocurrió dentro de 24 horas. Pero cuando el polvo volcánico natural de una erupción volcánica se introdujo, no hubo tal daño.

### ➤ ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Visible frecuentemente como una neblina semejante al color castaño, de 1.000 a 2.000 metros sobre alguna ciudad, los óxidos de nitrógeno se encuentran también en niveles muy altos en los interiores, en dónde los generan los calentadores y las estufas. Una amenaza seria para la salud por sí sola, estos compuestos ayudan también a formar el ozono así como el ácido nítrico y además partículas finas de nitratos, que son la causa no solamente de la lluvia ácida sino de la fertilización artificial de bahías y estuarios.

- Al igual que el ozono, los óxidos de nitrógeno son oxidantes que destruyen materia orgánica tal como el tejido humano. Los animales expuestos a  $\text{NO}_x$  tienen una capacidad menor para prevenir las infecciones bacteriales y mueren más frecuentemente. Su susceptibilidad a las infecciones virales aumenta y estar expuestos a niveles altos de  $\text{NO}_2$  durante semanas causa cambios similares al enfisema en los pulmones de los animales.
- Muchos niños de doce años de edad o menores expuestos a niveles altos de  $\text{NO}_x$  sufren más enfermedades de la garganta y del pulmón. Aquellos expuestos a niveles altos de  $\text{NO}_x$  al aire libre sufren de más resfríos que se ubican dentro de los bronquios, tienen una respiración sibilante y tos crónicas, así como bronquitis, tos bronquial con flema, y episodios de enfermedades respiratorias. Cuando están expuestos en los interiores—lo cual sucede frecuentemente porque el  $\text{NO}_x$  se crea por medio de los calentadores a gas sin ventilación—los niños pueden sufrir de respiración jadeante, respiración sibilante crónica y tos, flema y bronquitis.
- Un número estudios señala un vínculo entre el  $\text{NO}_x$  y la muerte prematura. Por ejemplo, en Londres, cuando aumentaron los niveles del  $\text{NO}_2$ , aumentaron también las muertes causadas por razones cardiovasculares, así como la mortalidad a causa de neumonía en las personas mayores. De una manera similar, en Rouen y Le Havre en Francia, cuando el  $\text{NO}_2$  aumentó, hubo un aumento repentino del 6,1 por ciento en las muertes causadas por problemas cardiovasculares. En Corea del Sur, cuando los científicos examinaron los



archivos de seguros médicos que amparaban al 96 por ciento de la población, encontraron que el NO<sub>2</sub> estaba vinculado con las muertes por insuficiencia cardiaca congestiva. En Seúl, un estudio diferente encontró que el NO<sub>2</sub> estaba vinculado a las muertes causadas por embolia cerebral aguda.

### ➤ **MONÓXIDO DE CARBONO**

Un gas que no es solamente invisible sino que no tiene olor ni sabor, el monóxido de carbono hace que se desplace el oxígeno en la sangre, sofocando parcialmente de esa manera al corazón, al cerebro y a otros órganos vitales—así como a los fetos en desarrollo de mujeres embarazadas.

- El camino que sigue el monóxido de carbono dentro del cuerpo es a través del pulmón. En la corriente sanguínea, se combina con la hemoglobina, que es la proteína de la sangre que hace circular el oxígeno, con una fuerza 220 veces mayor que el oxígeno. Cuando se ven privados del oxígeno, los órganos vitales dejan de funcionar como deben. El corazón trabaja intensamente y quienes sufren de enfermedades al corazón pueden experimentar dolores al pecho. La habilidad para hacer ejercicio disminuye.
- Conforme los niveles del CO aumentan, aumentan también los ingresos de personas al hospital por causa de malestares al corazón, que incluyen la insuficiencia cardiaca congestiva.
- Los nonatos parecen ser particularmente vulnerables al monóxido de carbono. La falta de oxígeno en los fetos es alrededor de un 50 por ciento más alto que en sus madres. En los animales que están expuestos al CO elevado, los abortos, nacimientos sin vida y otros embarazos incompletos reducen los buenos embarazos en un tercio por lo menos.

### ➤ **MERCURIO**

Un metal con un tono gris plateado es uno de los muchos encontrado en el carbón de piedra (otros incluyen arsénico y cromo), el mercurio cae sobre la superficie terrestre cerca de las plantas de energía. Se lava dentro de las corrientes y de los ríos, llegando eventualmente a los océanos y bahías donde se acumula dentro de la carne de los predadores—salmón, atún, hipogloso y tiburón, por ejemplo—haciéndolos peligrosos para comer, particularmente en niños y nonatos.

El mercurio es uno entre cientos de contaminantes que se encuentran en el carbón de piedra. Las plantas a carbón de piedra son la fuente humana mayor de este elemento altamente tóxico, que se acumula en la cadena alimentaria acuática llegando a sus niveles más altos en los predadores tales como el atún y el pez espada en los océanos y la trucha de lago en el agua dulce.

Algunos de estos animales se introducen de alguna manera en las cocinas del mundo, donde su consumo representa una amenaza especial para las mujeres, para los niños y para los nonatos. En los Estados Unidos las plantas de energía eléctrica que utilizan carbón de piedra son la fuente más grande de mercurio en la nación—y la única fuente sin ninguna regulación, emitiendo de una manera colectiva alrededor de 48

toneladas, o sea más de una tercera parte de todas las emisiones de mercurio. Ésta es una cantidad masiva, teniendo en consideración que 1/70<sup>vo</sup> de una cucharada—alrededor de la cantidad de en un solo termómetro—es suficiente para envenenar un lago de 25 acres.

En el año 2000 la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, informó que los niños nacidos de madres que comían grandes cantidades de pescado y de frutos de mar durante el embarazo “tienen que luchar para continuar en la escuela” y “podrían requerir clases compensatorias o de educación especial”.

Cuarenta y cuatro estados en los Estados Unidos han expedido advertencias contra el consumo del pescado contaminado con mercurio. Según los Centros para Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos, una en cada 12 mujeres en edad de concebir tiene “niveles preocupantes” de mercurio en su cuerpo, planteando un riesgo a más de 300.000 neonatos cada año para sufrir daños desde una inteligencia inferior hasta el retardo mental.

## **CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LOS INTERIORES**

Las partículas finas así como los escapes resultantes de los gases de la comida hecha en casa de los calentadores podrían ser peores en los interiores que afuera. En la India, por ejemplo, los científicos dicen que los estudios, “sugieren seriamente que el uso del combustible de la biomasa para cocinar incrementa sustancialmente el riesgo de la tuberculosis”. En Montreal, el desarrollo del asma en los niños estuvo vinculado a la manera intensa de fumar de las madres. Un equipo de investigadores examinó 116 tales estudios de todas partes del mundo, incluyendo niveles de particulados medidos en los interiores en Nueva Guinea, Kenia, India, Nepal, China y Gambia. Llegaron a la conclusión que la contaminación del aire en los interiores causa 4,1 millones de muertes cada año a causa de enfermedades respiratorias agudas en los niños menores de cinco años en los países en vías de desarrollo. Ésto se compara con 3,0 millones de muertes por enfermedades intestinales, y 0.68 millones por malaria.

## **DAÑOS A LOS LAGOS, CORRIENTES, BOSQUES Y COSECHAS**

La contaminación del aire causa también daños a lagos, bosques y cosechas. Todos éstos, y más, los estropean en varias formas los mismos contaminantes—especialmente el ozono y los ácidos—que enferman a las personas. En algunos casos, cómo exactamente estos contaminantes aniquilan los bosques y la vida silvestre o detienen el crecimiento de las cosechas no está claro, pero no hay duda que es así.

En el caso de las edificaciones y de los materiales, los mecanismos están bien claros. El ozono es un oxidante, por lo tanto, en efecto quemará a los materiales. El caucho, por ejemplo, se vuelve quebradizo, y una capa de pintura fresca podría durar solamente cinco años, en lugar de diez. Los ácidos sulfúricos, nítricos y otros, en efecto, disolverán la piedra de las edificaciones y de los monumentos.

**“LLUVIA” ÁCIDA**

La “lluvia ácida” puede ser tan potente como el jugo de limón, la Coca-Cola o aun el ácido para las baterías—frecuentemente hasta 100 veces más ácida de lo que debe ser la lluvia. Puede caer no solamente como lluvia, sino como nieve, neblina, rocío, o partículas secas. En la superficie terrestre, lava metales tales como el aluminio y el mercurio del suelo hacia los ríos, lagos, y las corrientes hasta 1.000 de una manera más rápida que la lluvia natural.

Los metales pueden ser venenosos llevados por el agua que, en efecto, pueden pudrir las agallas de los peces y desfigurar sus cuerpos. Ya que algunos de los metales que se lavan son nutrientes vitales para los árboles—el calcio, por ejemplo—bosques enteros han quedado desolados, sucumbiendo súbitamente a causa del estrés, los mismos que de otra manera hubieran sobrevivido, tal como sobreviven los escarabajos y la escarcha.

Los compuestos de azufre son fuentes comunes de la lluvia ácida. Los ácidos con base de nitrógeno causan un impacto adicional. Ya que el nitrógeno es un fertilizante, especialmente en los estanques y en las bahías, éstos activan el crecimiento en algas y en otros microorganismos que no se puede sostener. Una vez que las plantas mueren se pudren, consumiendo el oxígeno disuelto y creando de tal manera una zona muerta dentro de la cual los animales acuáticos se sofocan.

## **TEMPLOS MAYAS DE MÉXICO**

Se ha dado a conocer desde hace cerca de 15 años que la lluvia ácida daña extensivamente las ruinas mayas antiguas de Yucatán. El 8 de agosto de 1989, el *New York Times* informó que “El daño causado a los tesoros mayas es peor, según los expertos, en los templos de Palenque, donde la pintura se está descascarando en gran manera y las superficies de estuco y las inscripciones de piedra se corroen y se desmoronan. Una costra negra de depósitos de ácido cubre una pared de la Pista Grande de Pelota en Chichén Itzá. Los tesoros arqueológicos en Coba, Chicanna, Uxmal y otros sitios están también mostrando los efectos devastadores del ácido”.

Según un artículo, “los investigadores utilizaron observaciones meteorológicas para rastrear la fuente de la lluvia ácida de Yucatán principalmente de las emisiones provenientes de los pozos de petróleo mexicanos sin tapar y de las chimeneas en los campos petroleros cerca de Coatzacoalcos y Ciudad del Carmen en el Golfo de México”.

(Para leer el artículo completo, busque en—  
<http://www.google.com/search?q=cache:EenxnE3H130J:www.cyber.vt.edu/LSG/intro/saving-pyramid.pdf+acid+rain+in+mexico+yucatan&hl=en&ie=UTF-8>)

### **Daños a otros materiales**

Se conoce que tanto el ozono como la lluvia ácida causan daños a materiales desde el caucho hasta los metales, incluyendo zinc, acero, cuero, pintura y textiles. Se

crea que la lluvia ácida acelera la oxidación de acero y de hierro tanto como en un 30 por ciento, a tiempo de contribuir también a ensuciar o descarojar la pintura y otros acabados.

El ozono detiene el crecimiento de las plantas. Ya que el ozono cubre a los continentes en su totalidad—está bien establecido que los llamados niveles “rurales” del ozono son en la actualidad el doble de lo que fueron hace un siglo—tanto así como son sus daños.

En los Estados Unidos y en Europa, muchas especies de árboles están declinando, y una causa entre varias que los científicos señalan de una manera consistente es el ozono.

Sin que sea sorprendente, el ozono tiene como víctima a la agricultura. El científico que primero estableció que los escapes de los automóviles eran la causa principal de smog en Los Ángeles, el Dr. Arie Haagen-Smit, lo hizo porque estaba tratando de determinar lo que dañaba sus plantas ornamentales. Por sí solo, o en combinación con otros contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, se culpa al ozono hasta por un 90 por ciento de las pérdidas de cosechas en los Estados Unidos relacionadas con la contaminación del aire.

Los estudios extensos muestran que virtualmente todas las cosechas del campo crecen más lentamente cuando están expuestas a niveles elevados de ozono que son comunes en los Estados Unidos (alrededor del doble de los niveles que ocurren naturalmente). El grado de los daños varía ampliamente entre cosechas.

Un análisis del gobierno de los Estados Unidos llegó a la conclusión que si las concentraciones del ozono se hubieran reducido a los niveles naturales de fondo, “el rendimiento del maíz habría aumentado en un 2 por ciento, el trigo en un 5 por ciento, la soya en un 13 por ciento, y el maní [cacahuete] en un 24 por ciento... lo cual representa alrededor de dos mil millones de dólares de ingresos agrícolas perdidos”.

## **VISIBILIDAD**

Sin los efectos de la contaminación, el ámbito visual natural en los Estados Unidos es más o menos de 75 a 150 kilómetros (45 a 90 millas) en el este y de 200 a 300 kilómetros (120 a 180 millas) en el oeste. Con motivo de la contaminación del aire, sin embargo, los ámbitos de visibilidad en los Estados Unidos son sustancialmente inferiores a eso. En el este, el sulfato es claramente el mayor contribuyente a la deficiencia en la visibilidad.

## **CALENTAMIENTO GLOBAL**

Los científicos han conocido por más de un siglo que algunos contaminantes atmosféricos pueden causar el calentamiento global. La teoría del calentamiento global es bastante simple: la energía del sol alcanza la Tierra. Cuando cae sobre la superficie terrestre, algo de esa energía de luz se transforma en rayos infrarrojos y rebota hacia

arriba. Si fuera posible que atravesara la atmósfera en su camino ascendente, dejaría a la Tierra como un planeta congelado y árido tal como es Marte. En lugar de escapar de la capa superior de la atmósfera, sin embargo, los rayos infrarrojos quedan atrapados por el vapor del agua, el dióxido de carbono y algunos otros constituyentes naturales atmosféricos que actúan como el techo de un invernadero. El “efecto invernadero” calienta la atmósfera de la Tierra hasta un nivel que pueda mantener la vida tal como la conocemos. Lamentablemente algunos contaminantes atmosféricos también atrapan el calor infrarrojo, y los niveles de éstos se han elevado de una manera constante durante un siglo.

La mayoría de los científicos creen que la Tierra se está calentando y que esto se atribuye a la contaminación causada por los humanos. Una pequeña minoría de científicos dice que el calentamiento global ya sea que no está ocurriendo o que está causado por factores naturales, tales como las manchas solares. Las industrias de carbón de piedra, de electricidad y de vehículos apoyan directa o indirectamente a muchos de estos disidentes. Algunos de los científicos disidentes, mientras tanto, insisten que los que están del otro lado son parciales porque están financiados por algunos gobiernos.

#### **EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL CALENTAMIENTO GLOBAL VAN JUNTOS**

La mayor parte de la atención al calentamiento global se concentra en un producto de combustión específico: el dióxido de carbono, porque se culpa su acumulación a más de la mitad del calentamiento causado por la actividad humana. Sin que sea directamente dañino a las plantas y a los humanos, no se lo reconoce en muchos países como un contaminante atmosférico. Más aún, las soluciones para el calentamiento global y para la contaminación convencional del aire están interconectadas. Cualquier incremento en las temperaturas globales impulsará también la formación de los contaminantes convencionales como ser el ozono y las partículas finas, que se forman más rápidamente en los días calientes. Por lo tanto reduciendo los comúnmente reconocidos contaminantes atmosféricos podría ayudar a suprimir el calentamiento global y viceversa.

El ozono, monóxido de carbono, las partículas finas y otros compuestos se los regula como contaminantes porque causan enfermedades humanas y muerte. En realidad, el único contaminante común que no contribuye al calentamiento global, es el dióxido de azufre. Éste forma partículas finas de sulfato que tienen en realidad un efecto de enfriamiento. El resto, juntos con el dióxido de carbono y el metano, son los llamados “gases de invernaderos”.

Por lo tanto, al reducir las emisiones de los gases de invernaderos se pueden salvar vidas y prevenir enfermedades; y, al reducir las emisiones de los contaminantes convencionales se puede prevenir el calentamiento global.

<b>Contaminante</b>	<b>Fuente</b>	<b>Efectos</b>
monóxido de carbono	combustión incompleta de combustibles con base de carbón (Vg., gasolina, carbón de piedra) en los vehículos y en las fábricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muerte en concentraciones altas.</li> <li>• priva órganos grandes y fetos del oxígeno.</li> <li>• calentamiento global</li> </ul>
dióxido de carbono	combustión completa de combustibles con base de carbón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• calentamiento global</li> </ul>
óxidos de nitrógeno	el calor del motor o de las llamas en los vehículos, las plantas de energía y fábricas causa que el oxígeno y el nitrógeno se combinen en el aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enfermedades respiratorias</li> <li>• calentamiento global</li> </ul>
ácido nítrico	se forma cuando los óxidos de nitrógeno se combinan con el vapor del agua en el aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lluvia ácida</li> <li>• incremento de crecimiento artificial</li> </ul>
Nitratos	partículas finas secas que se forman cuando el nitrógeno reacciona en el aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muerte y enfermedad</li> <li>• fertilizantes artificiales en bahías y estuarios</li> </ul>
dióxido de azufre	se forma cuando se quema el azufre en el carbón de piedra, en el petróleo, en la gasolina y en el diesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provoca ataques de asma</li> </ul>
ácido sulfúrico	se forma cuando dióxido de azufre se combina con agua en el aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lluvia ácida</li> <li>• se filtran los metales pesados de suelos</li> <li>• erosiona la piedra, corroe el metal</li> </ul>
Sulfatos	partículas finas secas que se crean cuando el dióxido de azufre reacciona en el aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muerte y enfermedad</li> <li>• enfriamiento global</li> </ul>
compuestos orgánicos	gasolina sin quemar, emisiones de refinerías y fábricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enfermedades serias incluyendo el cáncer</li> </ul>
Ozono	se forma cuando los óxidos de nitrógeno reaccionan con las composiciones químicas orgánicas (Vg., gasolina sin quemar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ataques de asma</li> <li>• posiblemente, a causa del desarrollo del asma</li> <li>• calentamiento global</li> <li>• perjuicios a los bosques</li> <li>• perjuicios a las cosechas</li> <li>• perjuicios a los materiales (Vg., que el caucho se vuelve quebradizo)</li> </ul>
partículas	se forman principalmente debido a quemar el carbón de piedra, petróleo, gasolina, diesel, madera y otros combustibles tales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muerte y enfermedad</li> <li>• calentamiento global (“carbón negro”)</li> </ul>
hollín de diesel	camiones, autobuses, automóviles, trenes y otros motores de diesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• se piensa que causa cáncer</li> </ul>
mercurio	difundido cuando se quema el carbón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• daño a los sistemas nerviosos de</li> </ul>

	de piedra	los niños nonatos y neonatos • mata y envenena la vida silvestre
Plomo	difundido cuando se quema la gasolina que contiene plomo	• destruye la inteligencia de los niños, se asocia con delincuencia juvenil y con impedimentos mentales
contaminantes orgánicos persistentes	especialmente pesticidas	• se acumula en la carne humana y animal, con resultados desconocidos
clorofluorocarbonos	Difundidos de instalaciones de aire acondicionado, refrigeradoras, plantas electrónicas (hoy en día ilegal)	• destruye el ozono estratosférico, aumentando los cánceres a la piel • calentamiento global
fluoruros	Fundidores de aluminio	• envenena al ganado
sulfuro de hidrógeno	fábricas de pulpa y de papel, plantas de tratamiento de aguas residuales, refinerías	• fatiga, agitación, depresión, pérdida de la memoria
benceno	refinerías, vehículos con combustible de gasolina	cáncer al sistema linfático
emisiones de los hornos de coca	Acerías	cáncer

## Apéndice A

### TRES EXPERIMENTOS QUE ESTABLECEN UNA RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN Y LA SALUD

De los miles de estudios y experiencias en la contaminación del aire, hay tres que sobresalen como una demostración definitiva que la contaminación del aire causa enfermedades y que al eliminarla se reduce una variedad de dolencias. Uno de estos estudios y experiencias se llevó a cabo Utah, y otro en Atlanta, Georgia.

#### Utah

Uno entre los estudios más famosos se llevó a cabo en Utah porque fue un experimento natural que resultó de la clausura de una acería durante 18 meses. La Geneva Steel Mill, ubicada cerca de Orem, Utah fue construida durante la Segunda Guerra Mundial y administrada por más de 40 años por U.S. Steel. La acería fue la fuente de la mayor parte de la contaminación del material particulado fino. Se clausuró por 18 meses durante una huelga, para reabrirse posteriormente. Al recoger datos tales como ausencias de los estudiantes en las escuelas, enfermedades y visitas al médico y comparando períodos cuando la acería estaba cerrada y después reabierta, el Dr. Arden Pope fue capaz de demostrar un efecto claro de la contaminación del material particulado.

Cuando la acería se clausuró durante la huelga, las ausencias en las escuelas disminuyeron. Así como la hospitalización para adultos y niños. Cuando la planta fue reabierta, la hospitalización para niños a causa de enfermedades respiratorias volvió a los niveles anteriores se duplicaron en el otoño y se triplicaron en el invierno. En los adultos el aumento fue del 44 por ciento.

#### Atlanta

Hubo una experiencia similar en Atlanta en 1996, cuando los funcionarios de la ciudad pidieron a los residentes que dejen estacionados sus automóviles y que en su lugar utilicen los autobuses como transporte para ir y regresar de su trabajo. Así lo hicieron, y los niveles de la contaminación del aire se redujo en una manera dramática: el ozono en su nivel más alto, o smog, se redujo en un 13 por ciento, el monóxido de carbono en un 18,5 por ciento, los óxidos de nitrógeno en un 6,8 por ciento y el material particulado en un 16,1 por ciento. Una vez más, las enfermedades que se dieron a conocer que fueron estudiadas por medio de exámenes de los hospitales locales y de récords de los seguros médicos disminuyeron. Las visitas de emergencia por causa del asma se redujeron en un 41,6 por ciento, las visitas a las clínicas pediátricas se redujeron en un 11,1 por ciento y la hospitalización a causa del asma se redujo en un 19,1 por ciento.

#### California

Como una parte del estudio para la Salud de los Niños [A Children's Health Study], los investigadores en el sur de California reclutaron a varios miles de niños y les



dieron seguimiento durante diez años, para comparar los niveles de la contaminación del aire con la salud, y encontraron una concordancia sorprendente: Así como aumentaron los niveles del ozono o smog, aumentaron también los días de ausencia de clases por causa de ardor de la garganta, tos, ataques de asma y otras enfermedades respiratorias. Por causa de un aumento en la concentración de 20 partes por cada mil millones, *ppb* [por sus siglas en inglés: (*parts per billion*)], que es una variación común día tras día en regiones de alta contaminación, las ausencias en las escuelas por causas respiratorias aumentaron repentinamente hasta llegar a un 83 por ciento.

Ese mismo aumento de 20 *ppb* [por sus siglas en inglés: (*parts per billion*)], fue asociado con alzas repentinas de malestares específicos. Las enfermedades de las vías respiratorias en la parte superior aumentaron en un 45 por ciento mientras que las enfermedades de la parte inferior con tos húmeda aumentó en un 174 por ciento.

## **CÓMO ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

### **LA CONTAMINACIÓN CERCA DEL CERO ES FACTIBLE**

Es posible tecnológicamente eliminar casi toda la contaminación atmosférica—y hay algunos que suprimirían "casi."

La electricidad se podría producir por medio de aeroturbinas, células solares fotovoltaicas y otras formas de tecnologías con contaminación cero. Esa electricidad se podría utilizar para generar hidrógeno al separar el agua. El hidrógeno se podría utilizar en células energéticas—dispositivos que generen electricidad químicamente, con contaminación cero—para energía en los automóviles, camiones, autobuses, barcos y aviones, así como para fábricas, oficinas y casas particulares. El cambio climático dejaría de ser una preocupación, así también como la muerte de bosques y lagos—y de la gente.

Algunas de estas tecnologías no cuestan más en el transcurso de la vida comparadas con sus contaminantes equivalentes. Las nuevas aeroturbinas a carbón de piedra, por ejemplo, tienen más o menos el mismo precio que tienen las plantas modernas que cuentan con controles con los últimos adelantos contra la contaminación. Otras son considerablemente más caras. La electricidad proveniente de células solares fotovoltaicas costaría aproximadamente cinco veces más que las plantas a carbón de piedra. Los vehículos con células energéticas serían más caros que los vehículos con motores de diesel, gasolina, o de propulsión a chorro, al menos inicialmente.

En resumen, si no se hace uso de estas tecnologías, es por elección--supuestamente para ahorrar dinero. Pero ¿cómo se puede uno explicar la razón por la cual no se utilizan tecnologías contra la contaminación no solamente más limpias, sino tan o más baratas que sus equivalentes? Así como también los gobiernos y las empresas están eligiendo no hacer uso de las tecnologías de contaminación cero, lo mismo están haciendo al no adoptar otras que podrían rebajar la contaminación atmosférica entre un 30 y 99 por ciento dependiendo de la aplicación. A diferencia de las tecnologías de contaminación cero, éstas están ampliamente disponibles comercialmente, operando en cientos de lugares diferentes a través del mundo y cuestan lo mismo o menos. A continuación tres ejemplos:

### **GENERAR ENERGÍA: IGCC**

La mayor parte de la electricidad se genera al quemar carbón de piedra para generar vapor con el objeto de hacer girar las turbinas. Si la tecnología conocida como Gasificación de Ciclo Combinado Integrado [*Integrated Gasification Combined Cycle IGCC*]—que fue demostrada por primera vez en California en 1984, y que se encuentra ahora en operación comercial en dos plantas en los Estados Unidos— se utilizara en lugar de simplemente quemar carbón de piedra pulverizado, las emisiones se reducirían en las cantidades siguientes:

## REDUCCIONES DE LAS EMISIONES UTILIZANDO IGCC

Contaminante	Reducción comparada con la práctica actual
dióxido de azufre	-99 por ciento
Óxidos de nitrógeno	-83 por ciento
Mercurio	-95 por ciento
dióxido de carbono	-25 por ciento

Fuente: Departamento de Energía de los Estados Unidos

### AUTOMÓVILES: EL PRIUS HYBRID DE TOYOTA

Los automóviles, camiones y buses comunes tienen una fuente de energía— un motor que quema combustibles de gasolina o de diesel, y durante ese proceso produce cantidades prodigiosas de contaminantes atmosféricos. Los así llamados vehículos "híbridos eléctricos" (*HEV, por sus siglas en inglés*) tienen, sin embargo, dos fuentes de energía: un pequeño motor con gasolina y un motor eléctrico a batería. Un resultado es menos consumo de combustible y menos contaminación atmosférica, porque el motor se apaga frente a los semáforos, el sistema de frenos vuelve a cargar la batería y la operación constante del motor con gasolina es mucho más limpio que cuando se maneja haciendo frecuentes paradas.

Al compararlo con el modelo convencional Honda Civic de tamaño comparable, por ejemplo, el Prius HEV de Toyota reduce las emisiones en las siguientes cantidades:

### REDUCCIONES DE EMISIONES DEL PRIUS:

<i>Contaminante</i>	<i>Honda Civic</i>	<i>Toyota Prius</i>	<i>Reducción</i>
<b>Hidrocarburos</b>	0,062	0,060	3,3 por ciento
<b>Monóxido de Carbono</b>	0,800	0,500	37,5 por ciento
<b>Óxidos of Nitrógeno</b>	0,100	0,50	50,0 por ciento
<b>Dióxido de Carbono</b>	309	150	51,5 por ciento

Fuente: California Air Resources Board

### HORNOS DE CAL: "CEMENTO MEZCLADO"

El único material que se utiliza de una manera más común que el concreto es el agua. El cemento se manufactura comercialmente en 120 países por lo menos, y en la inmensa mayoría de los mismos, los hornos de cemento son, en su conglomerado, el mayor contaminante industrial. Los hornos consumen una enorme cantidad de combustible que quema todo desde desechos tóxicos y llantas usadas hasta carbón de piedra, así como para impulsar el dióxido de carbono de la piedra caliza, produciendo por lo tanto cal viva. A su vez produce cemento.

Por cada tonelada de cemento producido por la mayoría de hornos, se emiten de 1 a 1,25

toneladas de dióxido de carbono, además de cantidades sin contar de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y otros contaminantes. Sin embargo todas estas emisiones se podrían reducir a la mitad y producir cemento más fuerte y más perdurable con un cambio simple: “mezclar”.

Otros materiales comunes—escoria de altos hornos de molinos de acero y cenizas volantes de plantas eléctricas a carbón, por ejemplo—pueden sustituir hasta un 70 por ciento de cemento, reduciendo la contaminación atmosférica en esa proporción. El concreto hecho de este material, que se denomina cemento “mezclado” porque es una mezcla de cemento convencional con un sustituto, puede ser más fuerte que el concreto tradicional, pero toma un poco más de tiempo para endurecerse.

En Europa, el cemento mezclado es bastante común. En los Países Bajos, por ejemplo, la mezcla promedio de cemento y un sustituto de cemento es de 50-50. Mientras que no se debe restar importancia a cambiar las especificaciones de un material que se utiliza para hacer de todo, desde puentes de una milla de largo hasta rascacielos de un cuarto de milla de altura, es algo que se puede hacer y que ha sido hecho en muchos países sin que se produzcan impactos adversos-- y con inmensas reducciones de contaminación atmosférica.

Los anteriores son meramente tres ejemplos de literalmente cientos de tecnologías y de prácticas—no de tecnologías que estarán por verse en un futuro distante o a la espera de algún gran adelanto dramático de ingeniería, sino sistemas que se pueden utilizar hoy en día al mismo precio que sus equivalentes de mayor contaminación—que reducen las emisiones de contaminación desde un 25 hasta un 99 por ciento. Este resumen revisará algunas de estas tecnologías y prácticas.

## **OPCIONES PARA REDUCIR EMISIONES**

Hay esencialmente tres opciones disponibles para reducir la contaminación atmosférica:

- ✓ **HACER UN CAMBIO O PURIFICAR COMBUSTIBLES:** sustituir la gasolina con el gas natural “más limpio” en los automóviles, o con carbón de piedra en las plantas de energía, por ejemplo.
- ✓ **INSTALAR EQUIPO DE CONTROL PARA LA CONTAMINACIÓN:** tales como convertidores catalíticos en los automóviles o depuradores de los gases de combustión en las plantas de energía eléctrica.
- ✓ **MODIFICAR EL COMPORTAMIENTO:** persuadir a los automovilistas a utilizar el transporte público o que utilicen plantas de energía para el monitoreo de los quemadores y calibrarlos más cuidadosamente, como un ejemplo. Además, se pueden reemplazar los productos o los procesos existentes con algunos más limpios.

Al inicio, sin embargo, hay una decisión fundamental que se debe hacer: ya sea tomar

medidas enérgicas contra los contaminantes de manera individual o atacar el ámbito total de las emisiones. En la enorme mayoría de casos, los gobiernos buscan con afán estrategias para un “contaminante único”, principalmente porque los estándares basados en la salud, los requerimientos de monitoreo y las disposiciones de ejecución se establecen por cada contaminante a la vez.

Por lo tanto, es más probable que los funcionarios concentren su atención en reconvertir las plantas de energía para capturar dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y mercurio, en lugar de, lo digamos así, dar la orden a las plantas para que hagan el cambio para convertirse al proceso IGCC, el cual reduciría todos esos contaminantes, y más. Este resumen examinará en primer lugar las opciones para la multi contaminación, comenzando con la fuente que, como un conglomerado, produce la mayoría de la contaminación atmosférica del mundo—el motor de combustión interna debajo del capó del automóvil, camión o autobús.

## **VEHÍCULOS DE MOTOR Y EL TRANSPORTE**

### **Opciones para reducir la contaminación de los vehículos**

A través del mundo, el desafío único más obstinado que enfrenta todo funcionario encargado del control de la contaminación—y, en el conglomerado, la fuente única más grande de contaminantes de la atmósfera y de los daños que causan—es el vehículo de motor. Virtualmente se debe hacer uso de toda estrategia imaginable meramente para evitar que aumente la contaminación producida por la explosión de las cantidades de automóviles, camiones y autobuses.

Esta sección resume qué acciones se pueden tomar para reducir la contaminación atmosférica que causan los vehículos, concentrando la atención en técnicas para:

1. Mejorar la calidad del combustible, reduciendo de esa manera la contaminación atmosférica aun si no se adoptan otros programas de control.
2. Reducir la contaminación de los vehículos modernos no equipados con sistemas de control para emisiones, incluyendo automóviles más viejos así como camiones pequeños, camiones grandes, autobuses y motocicletas.
3. Imponer requerimientos en los nuevos vehículos, incluyendo límites de emisiones más estrictos y sistemas de control más duraderos.
4. Mejorar el transporte público.
5. Administrar el crecimiento urbano para reducir el tráfico de vehículos.

#### **□ CONCENTRAR LA ATENCIÓN EN LOS COMBUSTIBLES**

### **1. El gobierno y la industria pueden mejorar los combustibles—**

- **Eliminar el aditivo de plomo:**

—Tóxicos en cualquier modo conocido, el plomo destruye la inteligencia de los niños

y está vinculado con las muertes causadas por ataques al corazón y por ataques de apoplejía.

—El plomo envenena también los convertidores catalíticos que destruyen los contaminantes en los sistemas de escape de los vehículos. (“Los catalíticos nunca mueren: se los asesina” es el dicho de la industria). Eliminar el plomo hace posible instalar catalíticos y otros controles para contaminantes con los últimos adelantos, tanto en automóviles como en camiones pequeños.

- **Añadir algunos productos químicos, suprimir otros:**

—Las ciudades altas—Ciudad de México, por ejemplo—añaden alcoholes para aumentar el oxígeno, produciendo de esa manera menos monóxido de carbono.

—Al reducir el ritmo en el cual la gasolina se evapora (la Presión de Vapor Reid), se elimina la formación del ozono y los productos químicos que causan el cáncer.

- **Extirpar el azufre:**

—El azufre se encuentra de una manera natural en el petróleo crudo, pero es posible eliminarlo en las refinerías, reduciendo allí el dióxido de azufre así como en los tubos de escape.

—El combustible bajo en azufre mejora el desempeño de los convertidores catalíticos y hace posible adoptar nuevas tecnologías de “inyección directa” que son menos contaminantes y más eficientes.

## 2. **El gobierno y la industria pueden hacer un cambio hacia combustibles más limpios tales como—**

- **El gas natural comprimido—especialmente para vehículos de alta utilización como taxi y autobuses—el cual**

—elimina las partículas finas, reduce el smog, extirpa la mayoría de los productos químicos que causan el cáncer así como virtualmente el monóxido de carbono.

—extiende la vida de los vehículos a ½ o un millón de millas, porque el gas es mucho más limpio que la gasolina o el diesel.

- **El gas natural comprimido, el gas natural licuado o los combustibles de alcohol para autobuses y camiones diesel, los cuales**

—eliminan las fuentes principales del hollín del diesel (clasificado como un producto químico tóxico por California, y una causa posible del cáncer) y reduce el smog y las partículas finas.

3. **Reducir las emisiones de otras fuentes no provenientes de los vehículos por medio de** la instalación de sistemas para recuperación del vapor de la gasolina en estaciones de gasolina y en otras instalaciones de reserva y de transferencia.

□ **CONCENTRAR LA ATENCIÓN EN VEHÍCULOS EXISTENTES— LAS AUTORIDADES PUEDEN:**

1. **Reducir la emisión de los automóviles existentes por medio de—**

- Adoptar un simple programa de inspección y de mantenimiento para atrapar a los que producen humo y a los de alta emisión cuyas emisiones pueden ser 100 veces más altas que las de los otros automóviles o camiones;
- limitar el uso del automóvil estableciendo días “hoy no circula”, habilitar vías de tráfico para los vehículos que trasladan a un grupo de personas, o cerrar parte de la ciudad para la circulación de automóviles;
- incentivar alternativas y desalentar a los conductores de sus propios vehículos requiriendo a los empleadores que proporcionen dinero para tránsito público o para bicicletas de libre utilización con un costo reducido; proporcionar bicicletas sin costo en sitios claves; expedir pases “ambientales” de uso ilimitado y de transferencia libre para el transporte público; aumentar considerablemente el costo de las multas por mal estacionamiento; y limitar tanto el estacionamiento en el centro de las ciudades como eliminar el estacionamiento en las calles e imponer una tasa a los conductores para ejercer el derecho de trasladarse hacia el centro de las ciudades y de regreso.
- limpiar los automóviles requiriendo reconversión de sistemas para el control de las emisiones, proporcionando un subsidio para impuestos o algún otro incentivo positivo para la reconversión de los sistemas de control de las emisiones, e imponer multas y requerir afinaciones obligatorias a los automóviles que producen contaminación visible.

2. **Reducir las emisiones de los camiones existentes por medio de**

- adoptar un programa simple de inspección y de mantenimiento para atrapar a los que producen humo y a los de alta emisión limitando su uso en las horas de poco tráfico y en las carreteras públicas o en los centros designados;
- aumentar el número de pasajeros y limitar o prohibir la marcha en vacío;
- lavar los camiones requiriendo la reconversión de sistemas de control de emisiones, proporcionando un subsidio para impuestos u otro incentivo positivo para la reconversión de los sistemas de control de las emisiones; e imponer multas y exigir afinaciones obligatorias a los que producen humo de una manera visible.

3. **Reducir las emisiones de los autobuses existentes por medio de**

- adoptar un programa simple de inspección y de mantenimiento para atrapar a los que producen humo y a los de alta emisión;
- proporcionar vías de tráfico o carriles donde los automóviles estén prescriptos, aumentar el número de pasajeros y hacer cambios a un CNG más limpio o a combustibles de alcohol.

❑ **CONCENTRAR LA ATENCIÓN EN VEHÍCULOS NUEVOS : CONTROLES DE EMISIÓN. LAS AUTORIDADES PUEDEN:**

1. Para automóviles y camiones pequeños:

- adoptar requisitos con los últimos adelantos, facilitar el uso de motores de inyección directa con gasolina y diesel [llamados también motores de inyección directa para “encendido de chispa” (SIDI) y para “encendido de compresión” (CIDI)];
- si no fueran factibles los SIDI y CIDI, adoptar límites de emisiones que sean comparables con los más rigurosos estándares que sean posibles de la Unión Europea (EURO), CARB o de los 49 estados de los Estados Unidos. Estos estándares deberían incluir:
  - límites de emisiones aplicables a todos los vehículos del mismo tamaño sin que importe el tipo del motor o los requisitos de uso y durabilidad, que requieran que los sistemas de control de vehículos estén garantizados para que duren por lo menos 100.000 kilómetros.

2. Para camiones grandes:

- adoptar límites de emisión con los últimos adelantos que requieran el uso de trampas para material particulado, de catalíticos deNO<sub>x</sub>; y de requisitos de durabilidad, requiriendo que los sistemas de control de los vehículos estén garantizados para que duren por lo menos 400.000 kilómetros.
- Cuando sea factible, requerir gas natural comprimido o gas natural licuado con motores “optimizados”, diseñados y construidos para minimizar la contaminación atmosférica.

3. Para autobuses de tránsito:

- adoptar límites de emisión con los últimos adelantos que requieran el uso de trampas para material particulado, de catalíticos deNO<sub>x</sub>; y de requisitos de durabilidad, requiriendo que los sistemas de control de los vehículos estén garantizados para que duren por lo menos 400.000 kilómetros.
- cuando sea factible, requerir gas natural comprimido o gas natural licuado con motores “optimizados”, diseñados y construidos para minimizar la contaminación atmosférica.

4. Para motocicletas y motores pequeños:

- requerir motores de cuatro tiempos; y,
- adoptar límites de emisión con los últimos adelantos.

❑ **CONCENTRAR LA ATENCIÓN EN VEHÍCULOS NUEVOS : LAS AUTORIDADES PUEDEN:**

1. Adoptar un programa de inspección y mantenimiento (I/M) que—

- mida los hidrocarburos (HC), el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>);
- utilice la prueba “modo de aceleramiento simulado” (*ASM, por sus siglas en inglés*) que simula las condiciones actuales de conducir; y,



- es una instalación centralizada..
- 2. Adoptar un programa que requiera a los fabricantes de vehículos retirar de la circulación y corregir defectos de emisión, con sanciones apropiadas por violaciones.

❑ **CONCENTRAR LA ATENCIÓN EN MEJORAR EL TRANSPORTE PÚBLICO Y EL CRECIMIENTO.**

**LAS OPCIONES INCLUYEN:**

**1. Primeros pasos**

- **Desarrollar planes que incluyan áreas metropolitanas completas con**
  - requerimientos de obligaciones que se refuercen legalmente;
  - límites / prohibiciones de desarrollo más allá de un perímetro;
  - zonas en el centro de la ciudad para peatones;
  - corredores de acceso para el tránsito público;
  - zonas industriales servidas por sistemas centrales de manejo de la contaminación atmosférica, de la contaminación del agua y para desechar los desperdicios; y,
  - con una densidad variable de viviendas, niveles más altos cerca de los corredores para el tránsito; niveles más bajos lejos de los corredores.
- **Desarrollar un sistema de transporte basado en autobuses que incorpore subsistemas**
  - llevar pasajeros desde sus barrios hacia las estaciones y de regreso;
  - movilizar pasajeros desde las estaciones hacia el centro de la ciudad y regreso;
  - hacer que los pasajeros circulen dentro de los centros urbanos de alta densidad;

**2. Pasos siguientes**

- **Desarrollar sistemas sobre la base de rieles para reemplazo y complemento de los sistemas sobre la base de autobuses.**

Estas opciones se resumen en el cuadro siguiente.

## OPCIONES PARA EL CONTROL DE VEHÍCULOS DE MOTOR Y DEL COMBUSTIBLE

Tipo del Vehículo	Nuevo		Viejo	
	<i>Combustible</i>	<i>Tecnología / Práctica</i>	<i>Combustible</i>	<i>Tecnología / Práctica</i>
<b>Gasolina de servicio ligero</b>	{ Prohibir la gasolina de plomo { Eliminar el azufre	{ Catalizador de tres vías, etc. (adoptar los estándares de los Estados Unidos y de la Unión Europea) { Inyección directa de gasolina con controles para óxidos de nitrógeno pobres [NOx]	→ Gasolina "Ambiental" ^ Convertir a CNG	→ Hacer chatarra de vehículos ^ Días "Hoy no circula" √ Reconversión ⇔ I&M "Simple"
<b>Diesel de servicio ligero</b>	{ Eliminar el azufre	{ Adoptar los estándares actuales de los Estados Unidos y de la Unión Europea = (trampas oxidantes y) { Reducción catalítica selecta u otros controles de "óxidos de nitrógeno pobres " (absorbedores de NOx")	{ Eliminar el azufre	→ I&M "Simple"
<b>Diesel de servicio pesado</b>	{ Eliminar el azufre { Hacer un cambio a CNG/LNG/ metanol	{ Mejoras de los motores (turboalimentador, interenfriador) { Adoptar los estándares actuales de los Estados Unidos o de la Unión Europea = trampas oxidantes y reducción selecta de catalíticos u otros controles de "óxido de nitrógeno pobres NOx" ("absorbedores de NOx")	{ Eliminar el azufre { Convertir a CNG/LNG/ metanol	→ I&M "Simple" ^ Reconvertir con trampas o con catalizador oxidante
<b>Motocicleta</b>	{ Eliminar la adición de aceite a los motores de dos tiempos	{ Motores de cuatro tiempos { Motocicletas eléctricas	→ Reducir la adición de aceite ^ Mejorar la calidad del aceite	→ I&M "Simple"

A pesar de que las opciones para eliminar la contaminación de los vehículos son enormemente complicadas, simplemente debido a la cantidad y variedad de motores, las estrategias no son complicadas en realidad.

**El principio cardenal es que se sustituyan combustibles y vehículos por otros mejores, a menos que sea simplemente imposible hacerlo.**

## DISCUSIÓN DE OPCIONES DE TRANSPORTE

### Cómo reducir el uso de vehículos

El vehículo más limpio es el que no se maneja. Por lo tanto, las formas más eficaces de reducir la contaminación causada por los vehículos es minimizar su uso. Hay cuatro métodos generales para hacerlo:

**Alterar la ordenación para el uso del terreno.** Lo anterior reducirá la necesidad de manejar y, por ende, la contaminación atmosférica.

Los centros comerciales para peatones—los parques pequeños y otros tipos de distribución terrestre hacen que la vida sea mejor. Las estrategias que funcionan mejor incluyen limitar edificaciones en los periféricos urbanos, otorgar hipotecas que compensen a los propietarios por adquirir viviendas en ciertas áreas más densamente pobladas, edificar barrios de uso mixto y reducir el número de espacios para estacionar.

Hay unos pocos lugares—Curitiba, Brasil es el principal entre éstos—que ha podido convencer a la gente que en lugar de utilizar sus automóviles utilicen el transporte público a través de una estrategia simple: que los buses son más seguros, más baratos y más rápidos que los automóviles. El consumo del combustible para vehículos de motor en Curitiba—y por ende, la contaminación del aire—es menos de un tercio que en ciudades comparables del Brasil.

Curitiba, una ciudad de alrededor de tres millones de habitantes, presume tener uno de los mejores sistemas de tránsito del mundo, no solamente porque confían al máximo en los autobuses “tubo” [llamados así porque tienen la forma de tubos (cilindros horizontales de acero y vidrio de más o menos 3 por 10 metros), sino también porque los autobuses movilizan a la gente por vías de tránsito destinadas únicamente para autobuses y con una velocidad y eficiencia como las de los sistemas de un tren subterráneo, o “tubo”, con aproximadamente un 3 por ciento del costo].

La ciudad está organizada en cuatro radios principales, a lo largo de los cuales hay una alta densidad de viviendas, con negocios, tiendas y restaurantes en el primer y en el segundo piso. La densidad disminuye conforme a la distancia del radio. Los parques pequeños están dispersados en toda la ciudad, mientras que se puede llegar en 30 minutos por medio de los autobuses a las áreas para recreo mucho más grandes ubicadas junto a lagos y ríos.

**Manejo del tráfico.** Aumentar el número de personas dentro de un automóvil reduce la contaminación del aire, la congestión y el tiempo del viaje. Las vías de tráfico para los vehículos que trasladan a un grupo de personas funcionan bien. Lo mismo que los derechos de paso para ciclistas y peatones.

**Cómo incrementar el uso del transporte público.** Para que los sistemas de autobús y de tren subterráneo funcionen bien, deben tener la capacidad de movilizar a la gente a dónde quieran ir proporcionando seguridad y confort así como un precio razonable. Autobuses

más pequeños, más rápidos y con un recorrido más frecuente aumentan el número de usuarios del transporte. Asimismo las tarifas más bajas. Alemania ha tenido un gran éxito con los pases “verdes” que se pueden utilizar sin ningún límite y por cualquiera. Hasta un 20 por ciento de las personas que se trasladan a su lugar de trabajo y de regreso a su casa lo hacen en bicicleta, gracias a los caminos destinados a las bicicletas y a los peatones. Curitiba requiere a los empleadores que proporcionen bicicletas con costo al por mayor y facilidades a largo plazo.

## OPCIONES PARA VEHÍCULOS NUEVOS

### Cómo eliminar el plomo y el azufre

Eliminar estos dos contaminantes es probablemente el paso que de por sí solo es el de mayor importancia que se pueda tomar en cualquier ciudad para reducir la contaminación del aire. Ninguno de estos contaminantes tiene un propósito útil. Ambos causan daños no solamente a los motores, sistemas de escape y dispositivos para el control de las emisiones, sino también a la salud. Al eliminarlos—aun sin tomar ninguna otra acción—se reduce no solamente la contaminación del plomo y del azufre, sino otras emisiones también.

Lo que es más importante, al eliminar el plomo y el azufre es posible - -

- Como un primer paso—cuando se elimine el plomo—que se instalen los controles de contaminación y de los sistemas para el manejo de los motores haciendo que tales controles y sistemas reduzcan las emisiones del tubo de escape hasta en 90 por ciento y que aumenten la economía del combustible en alrededor de 20 por ciento.
- Como un segundo paso—cuando se elimine el azufre—que se aumente el desempeño de los sistemas de control de la contaminación que ya se encuentran en uso, y que se prepare el camino para los nuevos los caules del mismo modo, incrementan la economía del combustible, a tiempo de recortar las emisiones en un 90 por ciento adicional, especialmente del hollín del diesel que es difícil de controlar. Un análisis encontró que al extirpar al azufre se hace posible adoptar tecnologías para motores de “inyección directa” lo cual podría aumentar la eficiencia de los vehículos hasta en 15 o 25 por ciento en el futuro inmediato, y de 70 a 90 por ciento en años futuros.

El problema con estos motores super eficientes es que aumentan las emisiones NO<sub>x</sub>. Los así llamados catalistas de reducción de reserva NO<sub>x</sub> (*NSR, por sus siglas en inglés*) pueden recortar las emisiones NO<sub>x</sub> en un 95 por ciento, pero así como el plomo puede destruir los tipos más viejos de catalistas, el azufre destruye al NSR. La solución es eliminar el azufre.

**Motores de diesel.** La misma situación se aplica a los motores de diesel, llamada también Inyección Directa por Compresión de la Ignición (*CIDI, por sus siglas en inglés*), a pesar de que los dispositivos específicos para el control de la contaminación son diferentes.

## OPCIONES PARA LOS VEHÍCULOS VIEJOS

### Reconversiones

Las reconversiones son programas para instalar equipos más eficientes para el control de la contaminación en los vehículos en circulación. En un programa bastante exitoso, la London

Bus Company equipó a los buses de so pisos que son simbólicos de la ciudad con un catalizador oxidante y los puso en circulación con un combustible de virtualmente azufre cero. Estos pasos redujeron sustancialmente el humo visible y recortó el total de las emisiones de partículas en alrededor de un 40 por ciento-- con reducciones CO, HC y NO<sub>x</sub> en un 80, 80 y 9 [Nota de la traductora: as written - tal como escrito en el original] por ciento, respectivamente.

### **Convertirlos en chatarra**

Los vehículos más viejos tienden a emitir mucho más contaminación por cada milla de recorrido que los más nuevos equipados con controles modernos para la contaminación. Los programas para “convertirlos en chatarra” animan o requieren que los dueños desechen más pronto sus automóviles, porque usualmente tienen la creencia que es más barato y más rápido que cambiarlos con los de controles de emisión más estrictos. En algunos casos, sin embargo, convertir en chatarra parece lo más sensato ya que hay muchos vehículos viejos circulando que tal vez la mejor opción sería convertirlos en chatarra.

Un programa para convertir en chatarra que parece exitoso fue un esfuerzo que llevado a cabo en British Columbia en 1996 con el propósito de retirar fuera de circulación a 1.100 vehículos. Los estudios llegaron a la conclusión que el programa redujo las emisiones de partículas finas y de toxinas del combustible; recortó la filtración de contaminantes líquidos; aumentó la eficiencia del combustible; proporcionó el beneficio de seguridad para el retiro de los vehículos con deficiencias mecánicas (del freno y de la dirección, especialmente); y apoyó el uso del transporte público.

### **Cómo dejar de lado a los combustibles de gasolina y de diesel**

Hoy en día, la mayoría de los vehículos circulan con combustibles de gasolina o de diesel, pero hay muchos otros tipos de combustibles (y de motores), algunos de los cuales pueden reducir de gran manera la contaminación atmosférica. Las principales alternativas son—

#### **Gas natural**

El gas "natural" se puede bombear del suelo o se lo puede hacer de algún otro modo, como del carbón del piedra. Lo que llamamos gas natural contiene de 85 a 99 por ciento de metano (CH<sub>4</sub>). Es barato y abundante en muchos lugares, y es infinitamente más limpio para quemar que la gasolina o el diesel. Los automóviles se fabrican desde el principio para utilizar gas natural por una cantidad extra, algo así como US\$200, o se pueden reconvertir a un costo de US\$1.500 más o menos.

La mayoría de los vehículos con gas natural puestos en operación durante los años anteriores son los autobuses. Ya que utilizan gas natural, emiten virtualmente cero hollín y cero monóxido de carbono así como mucho menos dióxido de carbono. Una compañía, Capstone Turbines, vende autobuses híbridos a baterías que se cargan mediante una turbina, eliminando completamente los motores a pistón.

Al gas se lo puede comprimir o mantener de reserva o, en Australia en los camiones para recorridos de gran distancia, se licua y se mantiene de reserva dentro de tanques super-fríos.

## Combustibles de alcohol (etanol y metanol)

Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), se elabora principalmente de gas natural, sin embargo se lo puede elaborar también de carbón de piedra y aun de biomasa (frecuentemente referido por cierto, como alcohol de madera). El etanol es alcohol ordinario, que se encuentra en tequila y en whiskey (¡se han hecho algunas bromas sugiriendo que cuando se lo quema en los vehículos se desperdicia un buen licor!). El etanol se produce principalmente por la fermentación del almidón de los granos (principalmente del maíz) o del azúcar de la caña de azúcar, que lo hace una opción muy popular en muchas áreas agrícolas. Se lo utiliza de una manera más común para enriquecer el contenido de oxígeno de la gasolina, que es frecuentemente referido como "gasohol", que se puede quemar en los motores de gasolina.

Ya que tanto el etanol como el metanol son líquidos, los problemas asociados con tener de reserva gas natural o hidrógeno no son de mayor consideración. Usualmente, se los utilizan en vehículos en forma de un 85 por ciento de alcohol (E-85 o M-85) o de alcohol puro (E-100 o M-100). El metanol también se lo hace en forma de un éter metilo butílico terciario o MTBE [*por sus siglas en inglés*], que se mezcla con gasolina para aumentar el octano y para crear la gasolina oxigenada. (Este aditivo ha sido prohibido en California y en muchos otros estados de los Estados Unidos porque ha contaminado a miles de pozos.)

**Vehículos de servicio pesado.** Los combustibles de alcohol son mejores para camiones, autobuses, u otros motores de servicio pesado, rebajando las emisiones  $\text{NO}_x$  y de las partículas. Sin embargo, las emisiones de formaldehído tienden a ser más altas, pero se pueden controlar por medio de convertidores catalíticos.

Aunque los sistemas de combustible y de motor se deben modificar para quemar alcoholes—reemplazando líneas de caucho con líneas de acero inoxidable, por ejemplo—no se necesita de mucho más. En teoría, reemplazar la gasolina o el diesel con alcoholes debería causar una reducción en las emisiones de los gases de invernadero porque contienen menos carbono. Sin embargo, si en realidad es así, es algo controversial.

En los motores que queman gasohol con un contenido de etanol, las emisiones  $\text{NO}_x$ , VOC y CO se reducen en alrededor del 3 por ciento, 17 por ciento y 13 por ciento, respectivamente, lo cual es inferior a las emisiones de los motores de gasolina. Los vehículos que queman otros combustibles del etanol reducen las emisiones  $\text{NO}_x$ , VOC y CO en aproximadamente un 5 por ciento, 40 por ciento y 20 por ciento, respectivamente.

## Hidrógeno

Para muchos, el combustible del futuro es el hidrógeno. Una pila combustible utiliza el hidrógeno para producir químicamente la energía eléctrica, con agua como su único subproducto. (El hidrógeno se puede también quemar dentro de un motor convencional de combustión interna, pero la llama generará óxidos de nitrógeno). Si se produce el hidrógeno utilizando la energía solar o la energía eólica con un contaminante cero, el resultado final es un ciclo de combustible con cero emisiones.

Lamentablemente, muchas de las propiedades del hidrógeno hace que sea difícil usarlo en vehículos de motor. Se lo debe tener de reserva de alguna manera en el vehículo, tal vez como gas comprimido, un líquido super enfriado o que se pueda absorber dentro de los hidruros de los metales. Cada uno de éstos presenta obstáculos de importancia.

O bien, el hidrógeno se puede producir en el vehículo extirpándolo del "transportador" de hidrógeno tal como el gas natural o el metanol. De nuevo, estos sistemas enfrentan obstáculos, desde el costo hasta la carencia completa de un sistema para transportar hidrógeno y mantenerlo de reserva.

Los vehículos con pilas de combustibles están ahora o han estado operando en una base de demostración en unas pocas áreas. Los autobuses con energía de pilas de combustibles elaboradas por uno de los principales fabricantes, Ballard Power Systems de Vancouver, British Columbia en Canadá, completaron con éxito dos años de verificación de campo en el año 2000. Durante estas pruebas en Vancouver, British Columbia en el Canadá y en Chicago, Illinois en los Estados Unidos, seis autobuses transportaron a más de 200.000 pasajeros y viajaron más de 118.000 kilómetros (73.000 millas).

Varias compañías de automóviles, incluyendo Daimler-Chrysler, Ford General Motors, Toyota y Nissan, han frabricado y han hecho demostraciones de automóviles con pilas de combustibles. Estos automóviles se encuentran hoy en día ingresando en el mercado en números pequeños.

### **Vehículos con batería eléctrica**

**Automóviles.** Desde principios hasta mediados de los años 1990, parecía que los automóviles con batería eléctrica (*los EV, por sus siglas en inglés*) se podrían ubicar dentro de la corriente dominante del mercado de automóviles, impulsados por un mandato para la venta de vehículos con emisión cero (*los ZEV, por sus siglas en inglés*) en California. Sin embargo, los fabricantes de automóviles se mantuvieron categóricamente opuestos al mandato, y la tecnología de las baterías fracasó por seguir el ritmo del desarrollo que había sido proyectado. Los clientes que participaron en los programas de desarrollo de los EV alquilando automóviles estuvieron extraordinariamente satisfechos con su desempeño, pero el amplio uso de los EV parece ahora incierto, aun poco probable.

**Autobuses.** Los autobuses con energía de baterías han tenido mucho más éxito. Flotas de autobuses eléctricos están operando en Santa Bárbara, California, Chattanooga, Tennessee y Portland, Maine. Estas flotas tienen un número que varía desde tres hasta 25. En su totalidad, el desempeño de los autobuses ha sido bueno, sin embargo, algunos autobuses han tenido problemas en cuanto a su confiabilidad, principalmente con los diagnósticos de las baterías y del equipo electrónico. Unos pocos autobuses con baterías y turbinas han estado prestando servicio comercial en Christchurch, Nueva Zelanda durante tres años con una confiabilidad excelente.

## Millas automovilísticas anuales de viajes por vehículos (*VMT, por sus siglas en inglés*) per cápita y número de automóviles per cápita en 1997

	Japón	Francia	Alemania	Suecia	Reino Unido	Canadá <sup>1</sup>	México <sup>2</sup>	Estados Unidos
Total auto VMT per cápita	2368	4209	3961	3989	3967	4859	243	5701
Autos per cápita	394	463	511	436	372	444	98	481
Número de autos	49.896.326	27.480.000	42.323.672	3.867.000	22.115.000	13.887.270	9.842.006	132.432.044
Población	126.549.976	59.329.691	82.797.408	8.873.052	59.511.464	31.281.092	100.349.766	275.562.673
Auto VMT (en miles)	299.721.118	249.689.411	327.950.311	35.398.758	236.086.957	N/A	N/A	1.570.973.292

<sup>1</sup> VMT per cápita para Canadá refleja datos de 1990.

<sup>2</sup> VMT per cápita para México refleja datos de 1991.

## PLANTAS DE ENERGÍA, FÁBRICAS Y OTROS CONTAMINADORES DE "CHIMENEA"

### Opciones para reducir la contaminación de fuentes estacionarias

No existe un dispositivo único añadido para chimeneas que sea exactamente comparable a los convertidores catalíticos en los automóviles: el catalizador destruye tres contaminantes a la vez, al mismo tiempo que permite la instalación de computadoras a bordo y de otros dispositivos que aumentan la economía del combustible, así rebajando de la misma forma las emisiones del dióxido de carbono. Para conseguir un resultado comparable con una planta de energía a carbón de piedra se requiere ya sean—

- cuatro sistemas diferentes añadidos: uno, para el dióxido de azufre, un segundo para óxidos de nitrógeno, un tercero para partículas (emisiones de monóxido de carbono de las plantas de energía eléctrica son modestas) y un cuarto para dióxido de carbono; o,
- un modo completamente diferente para generar electricidad.

Combinar controles añadidos para contaminantes únicos es complicado, caro y, lo que es más importante, innecesario. Por esta razón, los dispositivos para el control de contaminantes únicos tales como los depuradores de gas para eliminar el dióxido de azufre, quedarán relegados a un apéndice. En cambio, esta sección concentrará su atención en las estrategias prácticas y tecnologías de la multi contaminación que reducirán muchos contaminantes simultánea y sustancialmente—así como los modos más limpios para quemar carbón de piedra, combustibles más limpios y métodos para que no haya ninguna contaminación en la electricidad.

### Reducir contaminantes múltiples

Hay una variedad de opciones para reducir un ámbito completo de contaminantes. La opción más obvia es la conservación en alguna forma: el combustible más limpio es el que nunca se quema, y la milla más limpia es por la cual nunca se viaja.



Hacer el cambio a un combustible más limpio puede también reducir un ámbito de contaminantes. El gas natural es, de una manera simple, más limpio que el carbón de piedra o que el petróleo. Otros combustibles—la energía eólica, por ejemplo—son aún más limpios por no emitir contaminación atmosférica alguna.

Finalmente, hay tecnologías de combustión que son intrínsecamente más limpias. La principal entre éstas es la así llamada "Agua Fría" un ciclo combinado de gasificación integrada, o IGCC.

Esta sección hará un resumen de las prácticas y de las medidas.

## "CONSERVACIÓN" Y HACER CAMBIOS DE COMBUSTIBLES

La forma más eficaz de reducir la contaminación atmosférica es incrementar la eficiencia, hacer cambios a combustibles más limpios, o ambos. La eficacia para esta estrategia se puede observar en el cuadro siguiente (el cual expresa reducciones en términos de dióxido de carbono, pero los efectos serían los mismos con otros contaminantes).

### Número aproximado de libras de CO<sub>2</sub> por kWh

<u>Eficiencia</u>	<u>Tasa de Calor</u>	<u>Carbón de Piedra</u>	<u>Petróleo</u>	<u>Gas</u>
<u>20%</u>	<u>1,060</u>	<u>3,53</u>	<u>2,85</u>	<u>2,00</u>
<u>30%</u>	<u>11,373</u>	<u>2,35</u>	<u>1,90</u>	<u>1,33</u>
<u>40%</u>	<u>8,530</u>	<u>1,77</u>	<u>1,42</u>	<u>1,00</u>
<u>50%</u>	<u>6,824</u>	<u>1,41</u>	<u>1,14</u>	<u>0,80</u>
<u>60%</u>	<u>5,687</u>	<u>1,18</u>	<u>0,95</u>	<u>0,67</u>

La mayoría de las plantas de energía existentes en Norte América operan con una eficiencia aproximada del 37 por ciento. Eso es, solamente un poco más de una en cada tres libras de carbón de piedra, de galones de petróleo y de pies cúbicos de gas natural que se convierte en electricidad. Cerca de dos tercios se ventila en el aire como calor desperdiciado.

### Plantas de energía y otros quemadores de combustibles

La inmensa mayoría de las plantas de energía se comparan en líneas generales con una tetera: éstas queman combustible—petróleo, gas natural y aun madera, pero especialmente carbón de piedra—para generar vapor. El vapor se utiliza para hacer girar las paletas de una turbina que genera electricidad. El lugar donde el combustible se quema se lo puede referir como caldera, cámara de combustión, horno, o con una variedad de términos diferentes. Dependiendo de dónde y cómo el combustible se alimenta dentro del sistema, las unidades se pueden referir como de combustión tangencial, de combustión de pared, quemadores ciclónicos, o quemadores de celda. A pesar de estos nombres diferentes, los principios fundamentales son los mismos: se hierve el agua para impulsar la turbina a vapor.

## **Hay modos mejores y todos ellos reducirán la contaminación:**

- ✓ **TURBINAS DE "GAS"** eliminan la necesidad de hervir agua al quemar combustible dentro de la turbina misma—imagínense ustedes un motor de avión a propulsión—utilizando gases calientes de escape para hacer girar las paletas. No se llaman turbinas de "gas" por el hecho de quemar gas natural—aunque la mayoría lo hace—sino porque el gas es lo que hace girar las paletas de la turbina y no el vapor. Las turbinas de gas pueden funcionar con una variedad de combustibles—aceite de diesel, aun carbon de piedra pulverizado. Las turbinas de gas pueden ser masivas, capaces de generar electricidad para toda una ciudad. Otras, sin embargo, son mucho más pequeñas.
- ✓ **TURBINAS DERIVADAS DE AVIONES** son mucho más pequeñas, esencialmente los mismos motores que se utilizan en un Boeing 737, 747 y en otros aviones, pero con modificaciones para permitirles generar electricidad.
- ✓ **CÓMO COMBINAR CICLOS:** Cuando el escape del gas sale de la turbina, está tan caliente que se lo puede utilizar para generar vapor. Procesar escapes de gas super calientes a través de una rejilla recupera el calor, el mismo que después se puede utilizar para generar vapor, que se utiliza para hacer girar las paletas de las turbinas. Por lo tanto, la electricidad se genera tanto del ciclo del gas como del ciclo del vapor, haciéndolo un sistema de ciclos "combinados".
- ✓ **COGENERACIÓN:** Al salir de la turbina de vapor, el escape está todavía caliente—lo suficientemente caliente, en realidad, como para que lo utilicen las refinerías, las fábricas de pulpa y de papel, los fabricantes de productos químicos así como otras instalaciones industriales que necesitan vapor para craquear petróleo crudo, cocinar pulpa de madera o simplemente para calentar o enfriar edificios (en Disney World en Orlando, Florida, por ejemplo). El proceso de cogeneración se puede usar también en las ciudades, universidades, bases militares, parques industriales, que necesiten tanto electricidad como energía para la calefacción y para el enfriamiento. La forma limitada de cogeneración es referida usualmente a calefacción y enfriamiento de un distrito.
- ✓ **GAS PROCEDENTE DEL CARBÓN DE PIEDRA:** La mayoría de las plantas de ciclo combinado queman gas que es "natural"—eso es, bombeado de la tierra. Pero el gas puede ser también refinado del petróleo y del carbón de piedra. Los procesos han estado disponibles comercialmente durante más de medio siglo. En realidad, a comienzos del siglo veinte, muchas ciudades encendían sus calles quemando el "gas de la ciudad" que había sido refinado del carbón de piedra. Sin embargo, el gas derivado del carbón de piedra por lo general no se utilizó para generar electricidad sino hasta la década de 1980 cuando varias compañías unieron sus fuerzas para construir una planta de demostración en el Desierto Mojave de California, frecuentemente llamada tecnología Cool Water. (Así denominada porque las escrituras de la propiedad requirieron que se usara el nombre del viejo Rancho de Agua Fría [*Cool Water Ranch*]).
- ✓ **IGCC:** El Proyecto de Cool Water craqueaba el carbón de piedra para crear gas que se quemaba en una turbina de gas para generar electricidad. El gas de escape se dirigía a través del generador de vapor que utilizaba la recuperación del calor, el cual producía la

energía para una turbina de vapor con el objeto de generar electricidad. En vista de que Cool Water utilizó, o integró, la gasificación del carbón de piedra para generar electricidad tanto de los ciclos de gas como de los de vapor, el nombre genérico de la tecnología es ciclo combinado de gasificación integrada, o IGCC [*por sus siglas en ingles*].

Los beneficios ambientales del IGCC son inmensos. Las impurezas del carbón de piedra quedan relegadas cuando éste se gasifica, por lo tanto no hay dióxido de azufre, mercurio u otra clase de contaminación ligada a los combustibles como para preocuparse. También queda relegado el carbono en el carbón de piedra, por lo que las emisiones del dióxido de carbono son mucho más bajas. La combustión es más fría, por lo tanto las emisiones NO<sub>x</sub> son más bajas. Las plantas IGCC son de una manera inherente más eficientes, por lo tanto todos los contaminantes se reducen aun más.

- ✓ **OTRAS TECNOLOGÍAS PARA EL CARBÓN DE PIEDRA:** IGCC no es de ninguna manera la única forma de quemar combustible que sea sustancialmente más limpio que el de las plantas de energía de hace 30 y 50 años actualmente en operación. Las así llamadas cámaras de combustión de tipo lecho que utilizan carbón de piedra "fluidificado", por ejemplo, queman el combustible en polvo que queda suspendido en medio del aire por ríos de aire. Hay algunas variantes sobre este tema—lecho fluidificado atmosférico, lecho fluidificado circulante y lecho fluidificado a presión, para mencionar solamente tres.
  
- ✓ **ALCANZAR EL 90 POR CIENTO DE EFICIENCIA:** Sin tener en cuenta la clase de tecnología, se si captura el desperdicio del calor y se le da otro uso, la eficiencia total llega fácilmente a un 75 por ciento y, en algunos casos, a sobre 90 por ciento. La planta Värtan en Estocolmo, Suecia ha estado en operación desde 1990 con un 91 por ciento de eficiencia. La electricidad se produce por medio de un sistema de combustión usando un lecho fluidificado a presión. El calor que se extrae del desperdicio del gas calienta las casas particulares, los apartamentos y las oficinas.

## Estrategias comparadas para contaminante único y para contaminante múltiple

<u>Contaminante</u>	<u>Estrategia de contaminante único</u>		<u>Estrategia de contaminantes múltiples</u>	
	<u>Combustible</u> [% de reducción]	<u>Tecnología</u> [% de reducción]	<u>Combustible</u> [% de reducción]	<u>Tecnología</u> [% de reducción]
<u>SO2</u>	<u>Carbón de piedra azufre más bajo</u> [-50%]	<u>Desulfurización de Chimeneas ("Depuración")</u> [-90%]	<u>Gas Natural</u> [-99%] <u>Renovables</u> [-100%]	<u>Gas: Ciclo Combinado</u> [-99,9%] <u>Carbón de piedra: IGCC</u> [-99%] <u>Todo: Cogeneración</u> [-29%]
<u>Nox</u>	<u>Carbón de piedra con nitrógeno más bajo</u> [-2%]	<u>Quemadores NOx Bajos</u> [-25–40%] <u>Reducción Catalítica Seleccionada</u> [-95+%] <u>Reducción Catalítica No Seleccionada</u> [-40-80%] <u>Reducción Catalítica No Seleccionada</u> [-95+%]	<u>Gas Natural</u> [-80%] <u>Renovables</u> [-100%]	<u>Gas: Ciclo Combinado</u> [-66%] <u>Carbón de piedra: IGCC</u> [-83%] <u>Todo: Cogeneración</u> [-29%]
<u>Partículas</u>	<u>Ninguna</u> [0,0%]	<u>Bagazos</u> [-99%] <u>Precipitadores Electroestáticos</u> [-99%]	<u>Gas Natural</u> [-99%] <u>Renovables</u> [-100%]	<u>Gas: Ciclo Combinado</u> [-99,9%] <u>Carbón de piedra: IGCC</u> [-90%] <u>Todo: Cogeneración</u> [-29%]
<u>Mercurio</u>	<u>Ninguna</u> [0,0%]	<u>SCR + FGD</u> [-95%] <u>Lecho de Filtro de Carbono</u> [-80%] <u>Inyección de Carbono Activado</u> [-80%]	<u>Gas Natural</u> [-99%] <u>Renovables</u> [-100%]	<u>Gas: Ciclo Combinado</u> [-99,9%] <u>Carbón de piedra: IGCC</u> [-95%] <u>Todo: Cogeneración</u> [-29%]
<u>CO2</u>	<u>Ninguna</u> [0,0%]	<u>Captura y Secuestro de Gas de Chimenea</u> [desconocido]	<u>Gas Natural</u> [-66%] <u>Renovables</u> [-100%]	<u>Gas: Ciclo Combinado</u> [-66%] <u>Carbón de piedra: IGCC</u> [-25%] <u>Todo: Cogeneración</u> [-29%]

## **Tecnologías para energía renovable**

Formas "renovables" de energía, desde la luz solar hasta las astillas de la madera, ya de por sí proporcionan aproximadamente una quinta parte de la energía de la humanidad. Llamada "renovable" porque la energía que se recolecta el día de hoy será reabastecida por medio de fuerzas naturales el día de mañana, el término incluye combustibles desde la luz solar, las brisas, la caída del agua, las aguas termales y el material de la biósfera. Estas fuentes son potencialmente infinitas y con contaminación cero, mientras que los combustibles fósiles tales como carbón de piedra, petróleo, y gas natural, son todos finitos y sucios.

Lamentablemente, a pesar de que la luz del sol y el viento son gratis, las máquinas para recolectar su energía son relativamente costosas en comparación con las que utilizan combustibles fósiles. Desde siempre, con la excepción de las grandes represas utilizadas para recolectar la energía de la caída del agua, las tecnologías utilizadas para convertir formas renovables de energía en electricidad no han podido competir en base de dólar-por-kWh con el carbón de piedra, el petróleo y el gas natural.

En las dos décadas anteriores, sin embargo, los adelantos tecnológicos han rebajado los precios de algunos combustibles renovables, especialmente la energía eólica, a tal punto que pueden competir basados en el costo con los combustibles fósiles. Como resultado, en algunas naciones de Europa la energía renovable es de uno por cada seis kilovatios generados, y esa distribución está en aumento. Además, la energía renovable utilizada en aplicaciones especializadas, tales como proporcionar energía a las áreas remotas, no es solamente más limpia que la de combustibles fósiles sino también más barata.

Esta sección revisará brevemente las tecnologías de energía renovable que son las más prometedoras actualmente.

### **Luz solar**

Hay tres maneras de capturar la energía solar:

En las casas particulares y en algunos edificios comerciales, usando el calor para calefacción: hay millones de estos sistemas que se encuentran en operación alrededor del mundo.

Para plantas de energía eléctrica centrales que alimentan la electricidad dentro de la red nacional, usando la energía solar para super-calentar líquidos que después se utilizan para hervir el agua y producir vapor para un generador. Estos sistemas "solares termales" están en uso comercial en California, generando suficiente electricidad para las necesidades residenciales de una ciudad más o menos del tamaño de Guadalajara.

Para las instalaciones remotas o aisladas -- con el objeto de proporcionar energía a las señales en las carreteras o a los refugios de las montañas, por ejemplo -- convirtiendo la energía solar directamente en electricidad con materiales de "fotovoltaico" especiales (exactamente igual a la celda en muchos calculadores, pero mucho más grande) que suministran electrones. Después de la energía eólica, las pilas solares son la segunda fuente que tiene un aumento más rápido en todo el mundo. Para las dos mil millones de personas sin electricidad, las pilas solares pueden ser

más baratas que las velas, y conforme los precios de los elementos solares rebajan, el Japón planea tener suficiente capacidad para generar suficiente electricidad hasta el año 2010 que podrá abastecer con energía a un equivalente de cinco millones de casas particulares.

### **Energía eólica**

Las turbinas de viento son quizás las que evolucionan más rápidamente entre las muchas tecnologías de energía renovable. En todo el mundo, la energía eólica ha tenido un aumento del 31 por ciento por año durante los últimos cinco años, totalizando actualmente alrededor de 24.000 megavatios de capacidad instalada; lo cual representa energía suficiente para 24 millones de casas particulares en alguna nación menos desarrollada. Europa pretende alcanzar los 60.000 megavatios hasta el año 2010. Los precios se mantienen ahora dentro del mismo ámbito que los de una planta a carbón de piedra nueva equipada con controles de contaminación.

### **Biomasa y residuos de las plantas**

Cientos de millones confían en la "biomasa"—madera, arbustos, y aun estiércol — para cocinar sus comidas y calentar sus casas particulares. Algo de esto se puede quemar para generar directamente electricidad —en el Reino Unido, varias plantas queman los residuos de las aves de corral, por ejemplo. En su forma más avanzada, sin embargo, los desechos se convierten en gas para generar electricidad, utilizando cualquier cosa desde el carozo de los duraznos hasta el aserrín. Hay miles de esas plantas que generan electricidad por el mismo costo o por un costo inferior al de los combustibles fósiles.

La generación de electricidad de los desperdicios en los vertederos controlados se expande a un ritmo rápido. Se perforan pozos en los vertederos para extraer metano, el cual después se quema para generar energía. Algunas plantas para la depuración de las aguas residuales sirven para el mismo fin y, en algunos casos, utilizan metano con el objeto de hacer funcionar a las pilas de combustible.

### **Energía hidroeléctrica**

Utilizar la caída del agua para generar electricidad ha sido un soporte de importancia durante un siglo. En muchos países, el gran potencial de la energía hidráulica se ha agotado. En efecto, en los Estados Unidos, algunas represas se están destruyendo para restaurar la corriente natural de los ríos. Pequeños proyectos que generen electricidad para comunidades pequeñas o aun solamente para un puñado de casas particulares, todavía se pueden instalar, frecuentemente por un precio inferior al de la electricidad de la red nacional.