

---

## Naturaleza. Ciencia

La contaminación creciente del medio ambiente por metales pesados constituye un tema de inquietud por sus repercusiones en la salud pública y la protección de la naturaleza. Algunos de estos metales como el plomo figuran en concentraciones ínfimas entre los constituyentes normales de las capas inferiores de la atmósfera terrestres. Sin embargo, las actividades industriales del hombre están dando lugar al crecimiento de su concentración más allá de los valores normales.

# LA CONTAMINACION POR PLOMO Y LA GASOLINA VERDE

---

Por José Aguilar Peris

**L**A atmósfera terrestre, a causa de distintos procesos naturales, como son las erupciones volcánicas y la erosión eólica de suelos y rocas que dan lugar a la emisión de plomo, ha contenido siempre una concentración pequeña y prácticamente constante de este metal. Esto se ha sabido estudiando las concentraciones de plomo en muestras de hielo extraídas a profundidades de varias decenas de metros en glaciares árticos y antárticos, correspondientes a periodos de cientos o miles de años. Comparando el resultado de estos análisis con las concentraciones de plomo en nieves recientes las conclusiones son tajantes. Los hielos más antiguos poseen una concentración de plomo extraordinariamente pequeña, de orden de 0,4 miligramos en 1000 toneladas de hielo. Las nieves recientes poseen concentraciones cinco veces mayores. De ello se deduce que sólo la quinta parte del plomo que contiene hoy nuestra atmósfera es de origen natu-

---

ral. El resto se debe a las actividades humanas, en especial al uso de los vehículos con motor de explosión, cuyos carburantes suelen llevar aditivos en cuya composición entra el plomo.

Los motores de nuestros automóviles, alimentados con gasolina-plomo han alterado el equilibrio milenario del ciclo atmosférico del plomo. A través de los tubos de escape se lanzan a la atmósfera cada año grandes cantidades de corpúsculos de este metal, uno de los más nocivos y tóxicos de la biosfera.

Aunque constituye sólo el 0,0015 por ciento de la corteza terrestre, allí donde aparece el plomo, lo hace en concentraciones importantes, de tal modo que fue conocido por el hombre desde la más remota antigüedad. Era uno de los siete metales clásicos: oro, plata, cobre, hierro, estaño, mercurio y plomo. Saturno, el planeta más lento se asoció al plomo, como Marte al hierro, la Luna a la plata y el Sol al oro. Y así se llamó *saturnismo* a la enfermedad profesional provocada por una intoxicación crónica de plomo.

Se presenta en la naturaleza como sulfuro de plomo o *galena* y como carbonato de plomo o *cerusita*. La producción mundial en 1980 fue de cuatro millones de toneladas y se emplea ampliamente en pinturas, vidrios de alta calidad, fundiciones, acumuladores eléctricos, protectores del sonido y de la radiación, etc. Su mayor desventaja es su alta toxicidad para la salud humana, lo que ha reducido su uso en tuberías de conducción de agua. El carbonato de plomo o albayalde es un ingrediente común de la pintura blanca. Su ingestión (a veces con fines suicidas) puede provocar una intoxicación aguda de consecuencias fatales. El minio es un óxido de plomo, llamado también plomo rojo que se utiliza para recubrir el hierro y evitar su oxidación posterior. Estos pigmentos son siempre peligrosos por su efecto venenoso sobre el cuerpo humano.

Por su poca dureza nunca fue utilizado en la construcción de herramientas o armas. Sin embargo, su buena maleabilidad y su resistencia a los ácidos, le hicieron indispensable durante muchos años para construir tubos de conducción de aguas potables y residuales, proyectiles y aparatos industriales. También se utiliza en la construcción de acumuladores eléctricos, cuyas placas son alternativamente de plomo y dióxido de plomo y como componente de muchas aleaciones de bajo punto de fusión, tales como los metales de soldadura.

Los elementos radiactivos uranio y torio se desintegran en una serie de otros elementos radiactivos, cuyo producto final es el plomo en uno de sus diferentes isótopos. Determinando la cantidad de isótopos

---

## Naturaleza. Ciencia

de plomo presentes en rocas de uranio y torio es posible calcular la proporción desintegrada de estos elementos a lo largo de millones de años y conocida su vida media, determinar el tiempo geológico en que las rocas se formaron. Este método se ha utilizado para estimar la edad de la corteza terrestre.

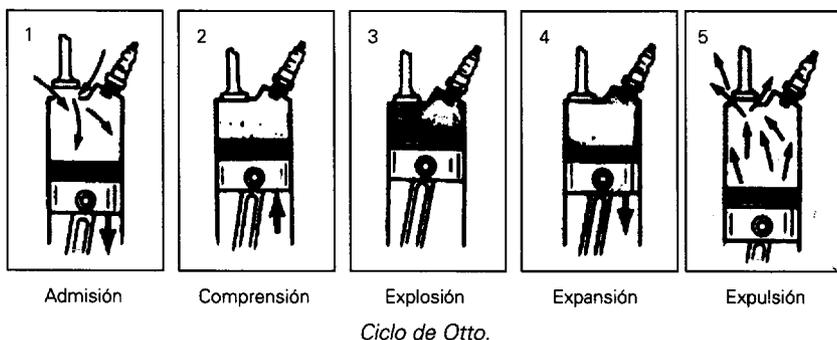
El saturnismo suele aparecer entre aquellos operarios que están en contacto con plomo metal o con sales de plomo (fundidores, tipógrafos, pintores, alfareros, vidrieros, etc). La intoxicación puede tener lugar por *vía digestiva* (deglución con la saliva de partículas de plomo suspendidas en el aire del lugar), por *vía pulmonar* (inhalación de polvo de plomo al respirar) e incluso por *vía subcutánea* a través del sudor. Una vez ha pasado al flujo sanguíneo, el plomo se combina químicamente con la albúmina de la sangre y forma albuminatos de plomo que se fijan en parte en los tejidos orgánicos. Si la intoxicación es intensa pueden producirse parálisis musculares, trastornos renales y fuertes dolores.

Con la masificación de los automóviles en nuestra sociedad, no sólo los operarios profesionales del plomo (en inglés el fontanero se llama "plumber") están expuestos al saturnismo, sino todos los habitantes de los países industrializados, pues este metal en forma de un compuesto orgánico se añade a la gasolina para aumentar el rendimiento del motor y acompaña a los gases de combustión, contribuyendo con su alta toxicidad al deterioro del ambiente y poniendo en peligro la salud de los ciudadanos.

## Los motores de explosión, el plomo

El motor de explosión más utilizado es el motor de cuatro tiempos, cuyas partes esenciales son un cilindro provisto de émbolo, una válvula de admisión para la mezcla de gasolina y aire procedente del carburador, la bujía para el encendido de la mezcla y una válvula de escape para la expulsión de los productos de la combustión. El comportamiento termodinámico de este motor puede aproximarse mediante un ciclo ideal realizado por un gas perfecto y fue usado por vez primera por el ingeniero alemán **Otto** en 1877 (*ciclo de Otto*).

El rendimiento del ciclo de Otto resulta ser independiente de las temperaturas extremas y es una función exclusiva del grado de compresión de la mezcla gasolina+aire inyectada en el cilindro. Este grado de compresión es el cociente entre el volumen total del cilindro y el

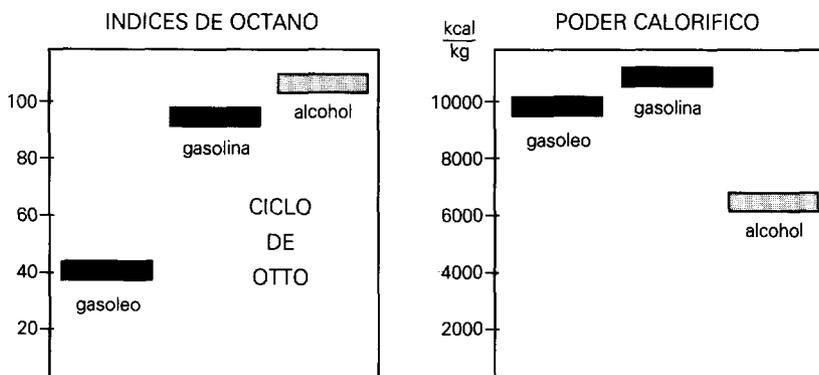


volumen de la recámara cuando la mezcla soporta la máxima compresión.

Existe un límite por encima del cual en los motores reales de gasolina no puede superarse el grado de compresión. Si se comprime en exceso, la mezcla de combustible y aire explota prematuramente, antes de que salte la chispa con el consiguiente perjuicio para la máquina. En los primeros automóviles el grado de compresión máximo era del orden de 4 a 5. Hoy, adicionando sustancias antidetonantes -las principales responsables de la contaminación por plomo- se obtienen relaciones de compresión de 8 a 10, con el consiguiente incremento del rendimiento.

## El índice de Octano

El antidetonante más utilizado en las gasolinas es un compuesto orgánico de plomo llamado plomo-tetraetilo. Las gasolinas plomo, como la llamada "super", poseen este componente que evita la detonación prematura del combustible, aumentando el grado de compresión de la mezcla y por tanto, el rendimiento de la máquina. En contrapartida, el plomo es expulsado al exterior junto con los productos de la combustión a través del tubo de escape, constituyendo así una de las fuentes de contaminación más graves, producidas por la actividad del hombre.



### El plomo, un veneno para el hombre

Esta concentración extra del plomo en la atmósfera no llega a producir (¡hasta ahora!) los efectos nocivos del saturnismo profesional, pero durante los últimos años se ha comprobado el peligro que para la salud pública supone el plomo atmosférico, en especial para los niños. Así se ha comprobado que estos niveles de concentración del plomo inhiben las funciones enzimáticas, provocan desórdenes en el sistema nervioso central y afectan al comportamiento de los niños aumentando su agresividad y disminuyendo su coeficiente intelectual entre 1 y 7 puntos. También puede producir efectos indeseables en el desarrollo del feto durante el embarazo. A largo plazo estas alteraciones afectando a grandes núcleos de población podrían tener efectos negativos e irreversibles en el comportamiento humano. (Hay quien atribuye la conducta paranoica de Tiberio, Calígula y Nerón -y con ello el declinar del Imperio Romano- al saturnismo etílico provocado por beber vino almacenado en recipientes recubiertos de plomo).

### El plomo, un veneno para los automóviles no contaminantes

El paso más importante dado por la industria automovilista para anular o al menos reducir drásticamente las emisiones de gases nocivos resultantes de la combustión de gasolina ha sido la instalación de

---

tubos de escape catalíticos. Bajo su acción el monóxido de carbono, altamente tóxico, se transforma en gas carbónico inocuo, los hidrocarburos no quemados en agua y gas carbónico y los óxidos de nitrógeno en nitrógeno gaseoso. Estos tubos trabajan con plena eficacia entre 400 y 700 grados centígrados, lo que se consigue instantes después de la puesta en marcha. El coste es todavía elevado pues en su composición intervienen metales caros como el platino, el paladio y el rodio, incluidos en un soporte de cerámica para soportar altas temperaturas.

Además, estos tubos de escape catalíticos exigen el uso de gasolinas sin plomo, pues este metal es un veneno muy activo de los metales preciosos que constituyen los tubos, destruyendo su acción catalítica. Otras condiciones para un buen funcionamiento de los tubos catalíticos son la inyección directa de combustible, el encendido electrónico y una mezcla aire-gasolina muy estable. Por todo ello, su uso ha quedado reducido hasta ahora a los vehículos de gran cilindrada (Mercedes, Volvo, Jaguar, etc.). En España, su uso es obligatorio para los coches vendidos desde el pasado primero de octubre con motores de más de 2000 c.c. de cilindrada y se extenderá la obligatoriedad a todos los coches que se matriculen a partir del 1 de Enero de 1993 independientemente de su cilindrada.

Más económicos son los llamados *tubos de oxidación*, que eliminan, gracias a un exceso de oxígeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos no quemados, convirtiendo estos productos en gas carbónico y agua. No eliminan, por tanto, los óxidos de nitrógeno, con lo que su acción anticontaminante es incompleta.

## El gasohol

A mediados de los años setenta, en plena crisis energética y con los precios del petróleo por las nubes se elaboraron en distintos países planes energéticos basados en la producción masiva de bioetanol, es decir, alcohol etílico procedente de la destilación de la caña de azúcar, de la remolacha o de cereales. Este alcohol se destinaría sólo o mezclado con gasolina para disminuir la dependencia energética con los países productores de petróleo.

El Brasil es el país donde la voluntad positiva de sustituir los carburantes derivados del petróleo por alcohol ha sido más fuerte. El programa PROALCOOL, destinado a reemplazar un 20 por 100 del volu-

---

## Naturaleza. Ciencia

men de petróleo por etanol a partir de cultivos agroenergéticos (caña de azúcar, maíz y otros cultivos tropicales como la mandioca y la palmera babassú) constituyó un éxito importante no igualado por ningún otro país. Las reservas de petróleo en Brasil son muy escasas y el transporte a través de su enorme territorio se realiza fundamentalmente por carretera, de tal modo que las importaciones de petróleo alcanzaban en los años ochenta el millón de barriles por día. La producción de bioalcohol alcanza ya hoy los 25.000 millones de litros anuales.

De este modo se comercializó en el Brasil (también en los EE.UU.) un combustible para automóviles formado por una mezcla de gasolina (80-90 por 100) y alcohol (20-10 por 100) con el nombre de *gasohol*. El poder calorífico del etanol es inferior al de la gasolina, pero su rendimiento es más elevado (mayor índice de octano). Hasta un 10 por 100 de alcohol en la mezcla no plantea problemas y cualquier motor puede utilizar el *gasohol*. Para mayores proporciones debe modificarse el reglaje del motor.

En EE.UU. el bioalcohol se produce especialmente a partir de maíz y en las estaciones de servicio pueden verse anuncios de este producto como el siguiente "Gasohol: the high octane fuel, good for your car, good for your country". Realmente, su mayor índice de octano hace innecesario el uso de aditivos de plomo y puede utilizarse en coches con tubos de escape catalítico. Es, por tanto, una gasolina "verde", no contaminante.

## La gasolina Eurosuper (sin plomo)

Los peligros de la gasolina con aditivos de plomo y los problemas económicos que plantea la futura obligatoriedad del uso de los tubos de escape catalíticos han conducido a los países de la Comunidad Europea a la fabricación mediante complejos tratamientos de refinación (*cracking catalítico*) de una gasolina de alto índice de octano llamada EUROSUPER, gasolina "verde", sin aditivos de plomo, actualmente de amplio uso en Dinamarca, Noruega, Suecia, Suiza y Alemania y que se está extendiendo rápidamente a otros países. En Estados Unidos, Japón y Canadá también es de uso corriente.

También se han comercializado gasolinas sin plomo que llevan como aditivos para aumentar su índice de octano compuestos oxigenados (éteres o alcoholes). De este modo se reducen las emisiones de óxido de carbono y de hidrocarburos no quemados contribuyendo a la

---

protección del medio ambiente. Una menor fiscalidad en estos productos permite un ligero ahorro en su uso.

La concentración del plomo en la gasolina "super" varía entre 0,1 y 0,4 g. por litro. Considerando que sólo en la Comunidad Europea existen unos cien millones de vehículos que consumen aproximadamente por término medio 1000 litros de gasolina-plomo al año, resulta que a través de los tubos de escape se lanzan a la atmósfera de Europa cada doce meses varias decenas de miles de toneladas de plomo. Para paliar esta importante contaminación ha comenzado a imponerse en algunos países la gasolina sin plomo o "gasolina verde", así como el uso de tubos de escape catalíticos que disminuyen otros efectos contaminantes.

El índice de octano de la gasolina sin aditivos de plomo es inferior en dos unidades al de la gasolina "super" (95 frente a 97). Esta disminución en el índice de octano hace que los motores no preparados, si usan esta gasolina sin plomo experimentan una reducción en la relación de compresión y se produzca el llamado "picado de bielas" Esto puede resolverse ajustando cuidadosamente el reglaje de encendido y el sistema de alimentación del motor de acuerdo con el índice de octano de estas gasolinas. ■