

En el Reino Unido se está trabajando con una sustancia, la PAPP (para-aminopropiofenona), como medio de prevención ante una potencial exposición al cianuro de hidrógeno.

### c) Armas químicas potenciales

Entre las armas químicas que podrían representar una grave amenaza en el futuro se encuentran aquellas sustancias que no se absorban fácilmente en el carbón activado u otros agentes similares. Para pasar los filtros de las mascarillas protectoras, la sustancia debe consistir de moléculas no polares muy pequeñas, que tengan una alta volatilidad (el cianuro es un ejemplo), lo cual, como ya se dijo, implicaría que fuera difícil mantener una alta concentración en ambientes abiertos.

Aún en el caso de que dicho tipo de sustancias se desarrollara en el futuro cercano, la contraparte tecno-científica podría responder rápidamente con agentes más absorbentes y filtros más efectivos en las mascarillas; por ello, tanto estas consideraciones como la enorme potencialidad que ha mostrado la biotecnología en la elaboración de armas biológicas, representan una amenaza al desarrollo de más armas químicas.

Pero no hay que perder de vista que, finalmente, las sustancias tóxicas que se producen por medios biotecnológicos son también y como cualquier material de este universo, sustancias químicas. La diferencia es que por estos medios, se ha logrado aumentar la producción selectiva y muy purificada de toxinas, misma que por métodos de síntesis química suele ser muy compleja, con muchos pasos y con bajos rendimientos. Además de las ventajas ya mencionadas, el poder de las toxinas biológicas excede (en ocasiones por varios órdenes de magnitud) el poder de los agentes químicos más poderosos, incluso el de los neurogases y los psicogases incluidos en el artículo.

Por otro lado, la biotecnología ofrece la posibilidad de producir bacterias y virus genéticamente modificados para los cuales el ser humano carezca de defensa inmunológica que combata sus efectos. Incluso se ha logrado que las bacterias muten de manera que ellas mismas produzcan las toxinas dentro del organismo infectado y al multiplicarse dentro del cuerpo generan más y más veneno, por

lo que éste ya no tiene que ser administrado de forma externa. De forma cruelmente económica, una pequeña cantidad de bacterias (comparada con la cantidad de toxina que se requiere si se administra de forma externa) es suficiente para alcanzar los efectos dañinos deseados.

### III. Actividades

1. Para comprender mejor el tema de estudio, vale la pena que los alumnos consulten los siguientes términos o conceptos:

*hidrólisis*

*toxina*

*biotecnología*

*enzima*

*polaridad*

*adsorción*

*óxido-reducción*

2. Realizar un trabajo de investigación sobre el cianuro de hidrógeno y sus sales derivadas. Hacer una conexión con la clase de historia a través del estudio de los personajes famosos que fueron asesinados o se suicidaron con venenos como el cianuro y el arsénico.
3. Realizar un trabajo de investigación sobre el gas mostaza, mismo que fue desarrollado por G. N. Lewis, el mismo científico estadounidense que obtuvo el Premio Nobel por sus trabajos en química orgánica. Otro personaje interesante es Haber (ciclo para la producción de amoníaco), quien también desarrolló armas químicas para los alemanes en la Primera Guerra Mundial y años más tarde, paradójicamente, fue perseguido por los nazis por ser de origen judío.

### IV. Bibliografía

1. <http://www.opcw.nl/chemhaz/htm>
2. Chamizo, José Antonio y A. Garritz, *Química*, Addison-Wesley Iberoamericana. México, 1994.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56 22 72 97, fax 54 24 01 38, correo electrónico [comoves@universum.unam.mx](mailto:comoves@universum.unam.mx)

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



# Las armas químicas

De: Benjamín Ruiz Loyola

(No. 38 pag. 22)

### Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso “broche de oro” para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

### I. Ubicación de la temática en los programas del bachillerato de la UNAM

#### Sistemas ENP y CCH

El artículo y esta guía pueden abordarse de forma integrada en cursos medios y superiores de química, filosofía e historia, donde los temas científicos de síntesis química (orgánica e inorgánica), análisis, seguridad en lugares de trabajo, protección personal, etc., se encuentran enmarcados por un complejo y casi siempre conflictivo entorno ético y social.

### II. Más información

En México, y por fortuna de la gran mayoría de sus habitantes, el uso de armas químicas se ha restringido a los gases lacrimógenos. Con el fin de acercar más a los alumnos a una realidad que, aunque poco cotidiana, es importante conocer, centraré la información que incluye esta guía en tres



conceptos: los gases lacrimógenos (de los que tenemos alguna noticia, aunque sea por televisión), el ácido cianhídrico (por tratarse de una molécula inorgánica fácil de identificar en un curso preuniversitario de química y por tratarse de un conocido veneno) y en las armas químicas potenciales, de las cuales se habla poco en el artículo de referencia. La idea es que se pueda utilizar cualquiera de los datos, tanto de tipo químico como histórico, para enriquecer los cursos y los trabajos escolares de los maestros y los alumnos, respectivamente.



### a) Los gases lacrimógenos

Como ya se menciona en el artículo, gas lacrimógeno es el nombre común que reciben un grupo de sustancias que, a bajas concentraciones, causan dolor en los ojos, dificultad de mantenerlos abiertos y flujo abundante de lágrimas. Se utilizan principalmente en ejercicios militares, para control de manifestaciones y en motines, pero su uso como arma química también ha sido extensivo desde la Segunda Guerra Mundial, cuando se inició una búsqueda sistemática de este tipo de sustancias y mejorar su actividad y efectividad.

Entre una gran serie de compuestos, destacan tres de ellos, por ser muy efectivos e implicar bajo riesgo en su manipulación, que se usan en forma gaseosa: la cloroacetofenona (CN), el ortomalonitrilo-clorobenzilideno (CS), y la dibenzo(b,f)-1,4-oxazepina (CR). De los tres, el CS es probablemente el más utilizado en todo el mundo.

A temperatura ambiente, estas sustancias son sólidas de color blanco. Son estables cuando se calientan y tienen una baja presión de vapor. Consecuentemente, tienen que ser dispersados como aerosoles para que lleguen a la víctima. Todos ellos son poco solubles en agua, pero pueden disolverse en varios disolventes orgánicos. La hidrólisis de las moléculas CN y CR es muy lenta en disolución acuosa, incluso si se agrega una base o álcali. Por el contrario, el CS se hidroliza rápidamente en presencia de humedad (su vida media a pH 7 es de 15 minutos, a temperatura ambiente), y extremadamente rápida en medios básicos (vida media a pH 9, un minuto, a T.A.). Esto conlleva una gran ventaja del CS en cuanto a su aplicación y por lo tanto a su uso extensivo, ya que se inactiva rápidamente por descomposición en presen-

cia de agua. El área afectada por CS se descontamina fácilmente utilizando simplemente agua y jabón, mientras que las CN y CR no se descomponen, sólo es posible retirarlas de forma mecánica por el lavado.

En contraste por su efecto sobre seres humanos, los animales generalmente tienen baja sensibilidad a los gases lacrimógenos. Es por eso que los operativos donde se dispersan grupos de personas con estas sustancias, los perros y los caballos pueden ser utilizados por la policía, ya que prácticamente no sienten ninguna molestia.

Los síntomas, además de los ya descritos (síntomas deliberados), pueden ir desde una simple irritación de nariz y boca, hasta el vómito en aquellas personas en las que el gas haya alcanzado zonas internas y húmedas de la piel, como son la garganta y el esófago. Algunas personas expuestas al gas entre 15 y 30 minutos han manifestado también síntomas muy desagradables como comportamiento poco racional, lo cual explica el porqué la exposición a los gases lacrimógenos causa incapacidad temporal por períodos que varían para cada tipo de persona y de acuerdo con su sensibilidad a la sustancia. Los factores que pueden influir en qué tanto les afecta son el estado emocional, la motivación, la actividad física, la temperatura ambiente, la humedad, etcétera.

La expresión “concentración límite o intolerable (CL)” es la más común para expresar la eficiencia de un gas lacrimógeno. Una  $CL_{50}$  implica que el 50% de la población expuesta sintió into-



lerable la dosis administrada durante un minuto. Por ejemplo, la  $CL_{50}$  del CS y CR es de 0.004 mg/m<sup>3</sup>, mientras que para CN es mucho mayor, de 0.3 mg/m<sup>3</sup>. La toxicidad aguda de los gases lacrimógenos es muy baja, lo cual se traduce en que la diferencia de concentración entre la que causa efectos intolerables y la que se necesita para causar daños irreversibles es muy grande. Es sólo a concentraciones muy altas que la exposición causa quemaduras y efectos letales lo cual, en la práctica, sólo podría ocurrir en espacios cerrados. Las investigaciones toxicológicas no han podido hasta la fecha determinar si hay efectos por estos gases sobre el material genético y tampoco se han observado efectos carcinogénicos.

### b) Cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico)

El cianuro de hidrógeno se incluye entre las armas químicas debido a que causa envenenamiento general de una persona. No existe información confirmada de que esta sustancia haya sido utilizada en armamento químico de guerra, sin embargo, se ha reportado que Irak la usó en la guerra contra Irán y contra los kurdos del norte de Irak durante la década de los ochenta.

El HCN tiene alta toxicidad y en cantidad suficiente provoca una muerte rápida. Durante la Segunda Guerra Mundial, una forma del cianuro de hidrógeno (el Zyklon B) se utilizó en las cámaras de gas de los nazis. A temperatura ambiente, el HCN es un líquido incoloro, que hierve a 26 °C. La ruta más importante para causar envenenamiento es por inhalación de la forma gaseosa, pero tanto el cianuro líquido puro como las sales de sodio y potasio de este ión disueltas en agua, pueden absorberse por la piel o por ingestión, causando el mismo efecto. Su alta volatilidad es probablemente la causa principal por la que no se utiliza como arma química convencional en espacios abiertos, ya que no se alcanzan las concentraciones suficientes para causar bajas o muertes.

El efecto tóxico más importante del anión CN<sup>-</sup> (responsable de que la molécula sea tóxica) es el de inhibir la acción de las enzimas que contienen metales, por ejemplo, la citocromoxidasa, que contiene hierro. Esta enzima es responsable de que se lleve a cabo el proceso de liberación de energía en la célula, donde el oxígeno desempeña un papel primordial, es decir, de ella depende la res-

piración celular. Si esta respiración se detiene por el bloqueo por cianuro de la enzima, no es posible mantener las funciones normales de la célula, lo cual desencadena la mortalidad celular y rápidamente la muerte de todo el organismo.

Los síntomas por envenenamiento por cianuro varían y dependen de, por ejemplo, la ruta de absorción, la dosis total y el tiempo de exposición. Si el HCN ha sido inhalado, los síntomas iniciales del individuo son inquietud y aumento en la velocidad de respiración, dolor de cabeza, palpitaciones y dificultad para respirar. Éstos son seguidos por vómito, convulsiones, fallo respiratorio e inconsciencia. Si el envenenamiento ocurre rápidamente, por ejemplo, por efecto de concentraciones muy altas en el aire, no hay tiempo de que aparezcan todos los síntomas y la persona simplemente se colapsa y muere.

Hasta la fecha, no existe un antídoto médico contra el envenenamiento por cianuro. El tratamiento que se da a los civiles expuestos es el de inducir el vómito y coadyuvar de distintas formas a que el cuerpo aumente su capacidad de rechazar el veneno por sí mismo. La enzima rodanasa, presente en el hígado, logra, junto con la presencia de azufre, transformar el ión cianuro en el ión tiocianato (SCN<sup>-</sup>), mismo que puede ser eliminado por la orina. Al suministrar azufre al paciente en forma de tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), la desintoxicación puede acelerarse. Otra forma de hacerlo es oxidar el hierro presente en la sangre, ya que el ión cianuro tiene una alta afinidad por el hierro trivalente (Fe<sup>3+</sup>). Esta forma no está disponible, ya que el hierro de la hemoglobina se encuentra en forma divalente, pero por medio de agentes oxidantes como el NaNO<sub>2</sub> o el dimetilaminofenol (DMAP), se induce la formación de Fe<sup>3+</sup>, que se une rápidamente a los iones cianuro con la consecuente producción de metahemoglobina y la disminución relativa de CN<sup>-</sup> del medio. Finalmente, otra forma de secuestrar iones cianuro del cuerpo es por medio de metales como el cobalto, que se administra en forma de complejos metálicos sintéticos o naturales, como la hidroxicoalamina. La anterior es una forma de vitamina B<sub>12</sub> que fácilmente intercambia los iones OH<sup>-</sup> de su estructura por los CN<sup>-</sup> presentes en la célula, formando cianocobalamina, otra forma inocua de la vitamina.