

## **AGENTES UTILIZADOS EN GUERRAS QUÍMICAS UNA VISIÓN GENERAL DE LOS QUÍMICOS DEFINIDOS COMO ARMAS QUÍMICAS**

### **Fuentes:**

- [www.opcw.nl/chemhaz/cwagents.htm](http://www.opcw.nl/chemhaz/cwagents.htm)
- Prof. Francisco Rodríguez Reinoso
- The Merk Index, 12<sup>th</sup> Edition
- Ing. Germán Grosó Cruzado

### **PRINCIPALES GRUPOS**

AGENTES NERVIOSOS  
AGENTES MOSTAZA  
CIANURO DE HIDRÓGENO  
CLORURO DE CIANÓGENO  
CLOROPICRINA  
ARSINAS  
FOSGENO  
GASES LACRIMÓGENOS  
AGENTES PSICOTOMIMÉTICOS  
TOXINAS

### **ARMAS QUÍMICAS**

La Convención de Armas Químicas define que éstas no sólo incluyen los químicos tóxicos, sino las municiones y equipos utilizados para su dispersión. Los químicos tóxicos se definen como "cualquier químico que, a través de su efecto en los procesos de los organismos vivos, pueda causar la muerte, la pérdida de funciones, o daños permanentes a personas o animales". Las plantas no se mencionan en este contexto.

Las toxinas son venenos producidos por organismos vivos o sus equivalentes sintéticos, y se clasifican como armas químicas si se utilizan con propósitos militares. Sin embargo, tienen una posición especial, ya que quedan contemplados por la Convención de Armas Biológicas y de Toxinas, de 1972.

Se conocen miles de sustancias venenosas, pero son pocas las que se consideran adecuadas como armas químicas. Durante el siglo 20 se utilizaron alrededor de 70 químicos diferentes para este fin. Hoy en día, sólo unas cuantas de ellas se consideran de interés por el hecho de que cumplen con los siguientes requisitos:

- El agente debe ser sumamente tóxico pero no tanto como para no poder manejarse sin excesiva dificultad.
- La sustancia debe poder almacenarse por largos periodos en contenedores, sin degradarse y sin corroer el material de empaque.
- Debe ser relativamente resistente al agua, a la humedad y al oxígeno del ambiente, de manera que no pierda efectos cuando se disperse.
- Debe resistir el calor generado en su dispersión.

### **LOS "GASES DE GUERRA" CASI NUNCA SON GASES**

Los agentes para guerra química (AGQ) frecuentemente son llamados "gases de guerra". Este es un término incorrecto que resulta del hecho de que durante la Primera Guerra Mundial, se utilizaron cloro y fosgeno, que son gases en condiciones ambientales. Los AGQ actuales sólo son gases excepcionalmente. Normalmente son líquidos o sólidos. Sin embargo, cierta cantidad de la sustancia siempre se volatiliza (la cantidad depende de la velocidad a la que la sustancia se evapora), y la concentración del gas puede resultar venenosa. Tanto las sustancias líquidas como las sólidas, también pueden dispersarse en el aire en forma atomizada, a la que se le conoce como aerosol. Un aerosol puede penetrar al cuerpo a través de los pulmones, de igual manera que un gas.

Algunos AGQ también pueden penetrar por la piel. Esto sucede principalmente con los líquidos pero también puede suceder con los gases y los aerosoles. Los sólidos penetran por la piel muy lentamente, a menos que se mezclen con un solvente adecuado.

### **EFECTOS EN LA VEGETACIÓN**

Las flores y hojas de algunas plantas pueden cambiar de color al exponerse a gotas de un AGQ. Pueden aparecer puntos claros o de otro tono, así como una coloración café, principalmente en las hojas. Los árboles, en su totalidad o en algunas de sus partes, pueden decolorarse hacia tonos cafés en situaciones de exposición fuerte. La decoloración normalmente aparece en minutos pero puede ocurrir después de algunos días.

### **CLASIFICACIÓN**

Los AGQ pueden clasificarse de varias maneras. Existen, por ejemplo, sustancias volátiles, que pueden contaminar el aire, o sustancias persistentes, que son no-volátiles y que por lo tanto cubren la superficie en la que inciden.

Los AGQ pueden clasificarse en letales o incapacitantes. Una sustancia se considera incapacitante si menos de 1/100 de la dosis letal causa incapacidad, por ejemplo, a través de náuseas o de problemas visuales. El límite entre letal e incapacitante no es absoluto y más bien se refiere a un promedio estadístico. Como comparación, puede mencionarse que para gases nerviosos, la relación entre incapacitante y letal es de Aprox. 1/10. Los AGQ también se clasifican dependiendo del efecto en el organismo.

Con el objeto de lograr una buena cobertura a nivel del piso al dispersarse desde gran altitud, las gotas del AGQ deben ser lo suficientemente grandes como para asegurar que caigan dentro del área seleccionada, y evitar que el viento las arrastre. Esto puede lograrse disolviendo polímeros (Ej: poliestireno o hules) en el AGQ para hacerlo altamente viscoso. Como resultado adicional, el tiempo de persistencia y la habilidad aditiva aumenta y complica la descontaminación.

Aunque pudiera parecer que se puede fabricar un AGQ con las propiedades específicas para cierto propósito, este no es el caso. En lugar de ello, siempre existe cierta incertidumbre acerca del tiempo de persistencia, la dispersión y el efecto.

### **QUÍMICOS MILITARES QUE NO SE CONSIDERAN ARMAS QUÍMICAS**

Los agentes incendiarios como el napalm y el fósforo no se consideran AGQ ya que su efecto se desarrolla mediante energía térmica. Algunos tipos de barreras de humo pueden ser venenosos a altas concentraciones, sin embargo, no se consideran AGQ ya que su efecto venenoso no es la razón de su uso. Las plantas, microorganismos, algas, etc. que producen toxinas no se clasifican como armas químicas, aún si las toxinas que producen pertenezcan a esta clase. Los organismos patógenos, principalmente virus y bacterias, se clasifican como armas biológicas.

### **RESPIRADORES DE CARTUCHO QUÍMICO EN LA PROTECCIÓN CONTRA ARMAS QUÍMICAS**

Aún cuando la mayoría de los AGQ no son gases en condiciones ambientales, la mayoría de ellos se volatilizan al menos en cierto grado, y por lo tanto, coexisten como vapor y líquido o vapor, líquido y sólido.

Por lo tanto, un respirador de cartucho químico es útil en la protección del ingreso del AGQ por la vía respiratoria. Esto es de enorme importancia ya que la afectación por dicha vía es mucho más rápida que aquella que corresponde al ingreso a través de la piel.

Hay que hacer notar que cuando el AGQ se dispersa en forma de aerosol, se requiere un cartucho para partículas y neblinas. El cartucho químico retendrá los vapores, pero no las gotas de líquido ni las partículas del AGQ.

Ya que un respirador debe tener una aplicación universal, lo más adecuado será una combinación del elemento para retener partículas y neblinas, con el medio químico para retener vapores.

Un carbón activado estándar retiene todo tipo de moléculas de compuestos orgánicos cuyo peso molecular sea mayor a 55. También retiene moléculas inorgánicas de suficiente peso molecular, siempre y cuando sea no polar o poco polar.

En resumen, un carbón activado estándar retiene todo tipo de moléculas, pero prefiere las menos polares y las de mayor peso molecular.

De acuerdo con esto, como se verá para cada grupo de agentes de guerra química, un carbón estándar tiene una capacidad de retención que se muestra en la siguiente tabla.

GRUPO	EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE UN CARBÓN ACTIVADO ESTÁNDAR (CARTUCHO NEGRO)
AGENTES NERVIOSOS	Muy alta
CIANURO DE HIDRÓGENO	Muy baja
AGENTES MOSTAZA	Muy alta
CLORURO DE CIANÓGENO	Muy baja
CLOROPICRINA	Alta
ARSINAS	Alta
FOSGENO	Media
GASES LACRIMÓGENOS	Muy alta
AGENTES PSICOTOMIMÉTICOS	Muy alta
TOXINAS	Muy alta

Lo mostrado en la tabla indica que un respirador de cartucho químico estándar protege adecuadamente contra la mayoría de los AGQ. Sin embargo, ya que no se puede correr el riesgo de exposición a gases que no son bien retenidos por un carbón estándar, se han desarrollado carbones que retienen con alta eficiencia todos los compuestos utilizados como AGQ. Un ejemplo de dicho tipo de carbones, está impregnado con sales de plata, de cromo y de cobre.

### **AGENTES NERVIOSOS (compuestos letales organo-fosforados que inhiben la colinesterasa)**

Entre los AGQ, los gases nerviosos han dominado la escena desde la Segunda Guerra Mundial. Estos compuestos afectan la transmisión de los impulsos en el sistema nervioso. Todos ellos pertenecen al grupo de los compuestos organo-fosforados. Son estables y fácilmente dispersables; altamente tóxicos y causan efectos rápidos, tanto cuando se absorben a través de la piel como por la vía respiratoria. Se pueden fabricar a través de técnicas químicas sencillas.

Las materias primas no son costosas y se consiguen con facilidad.

El primer agente nervioso, llamado Tabun, fue fabricado por los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial. Otros fueron el Sarin y el Soman. En los años 50's, se sintetizaron en E.U. agentes nerviosos mucho más potentes. Algunos de éstos, por increíble que parezca, se utilizaron como plaguicidas. A partir del inicio de los 60's, el agente nervioso por excelencia fue el llamado VX. Los principales agentes nerviosos incluidos en los arsenales de armas químicas son:

- Tabun (o-etil dimetilamidofosforilcianuro), que en E.U. se denomina GA. Es el más sencillo de fabricar. Consecuentemente, es el que más probablemente conforma los arsenales de países en desarrollo, mientras que los países desarrollados lo consideran obsoleto y de uso limitado.
- Sarin (isopropil metilfosfonofluoridato), denominado GB en E.U., es una sustancia volátil que entra al cuerpo principalmente por inhalación.
- Soman (pinacolil metilfosfonofluoridato), denominado GD en E.U., es una sustancia moderadamente volátil, que puede ingresar al cuerpo, tanto por inhalación como por contacto con la piel.
- GF (ciclohexil metilfosfonofluoridato) es una sustancia de baja volatilidad que ingresa al cuerpo a través de la piel o por inhalación como gas o aerosol.
- VX (o-etil s-diisopropilaminometil metilfosfotiolato) es una sustancia persistente que puede permanecer en materiales, equipos o terreno por largos periodos. Ingresa al cuerpo principalmente a través de la piel aunque también por inhalación como gas o aerosol.

Las fórmulas químicas de los compuestos anteriores son:

- Tabun, GA:  $(\text{CH}_3)_2\text{N-P(=O)(-CN)(-OC}_2\text{H}_5)$
- Sarin, GB:  $\text{CH}_3\text{-P(=O)(-F)(-OCH(CH}_3)_2)$
- Soman, GD:  $\text{CH}_3\text{-P(=O)(-F)(-CH(CH}_3)_2\text{C(CH}_3)_3)$
- GF:  $\text{CH}_3\text{-P(=O)(-F)(ciclo-C}_6\text{H}_{11})$
- VX:  $\text{CH}_3\text{-P(=O)(-SCH}_2\text{CH}_2\text{N[CH(CH}_3)_2]_2)(-OC}_2\text{H}_5)$

Los mismos tipos de compuestos fosforados se usan, por ejemplo, como insecticidas. En la estructura de los insecticidas, el grupo  $\text{P(=O)}$  generalmente se sustituye por el grupo  $\text{P(=S)}$ , y se usa un grupo menos reactivo que el  $(-\text{F})$ ,  $(-\text{CN})$  o el  $(-\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{N[CH(CH}_3)_2]_2)$

Todos los agentes nerviosos en estado puro son líquidos incoloros

### Toxicidad

	LCt <sub>50</sub> Inhalación mgmin/m <sup>3</sup>	LD <sub>50</sub> Piel mg/individuo
Tabun	200	4 000
Sarin	100	1 700
Soman	100	300
VX	50	10

Los valores son las dosis estimadas que tienen efectos letales en el hombre. El LD<sub>50</sub> expresa la dosis a la que el 50% de la población expuesta moriría como resultado de los daños. Para el caso de inhalación, L significa letal y 50 significa el efecto letal en el 50% de la población expuesta, y Ct es la multiplicación de la concentración por el tiempo de exposición.

### Propiedades físicas

Propiedad	Tabun	Sarin	Soman	GF	VX
Peso molecular	162.1	140.1	182.2	180.2	267.4
Densidad, g/cm <sup>3</sup> *	1.073	1.089	1.022	1.120	1.008
Temp. de ebullición, °C	247	147	167	92**	300
Temp. de fusión, °C	-50	-56	-42	< -30	-39
Presión de vapor, mm Hg *	0.07	2.9	0.3	0.06	0.0007
Volatilidad, mg/m <sup>3</sup> *	600	17,000	3,900	600	10
Solubilidad en agua, % *	10	oo	2	~2	3 (oo < 9,5 °C)

\* = a 25 °C \*\* = a 10 mm Hg

## AGENTES MOSTAZA

Normalmente se clasifican como "agentes lacerantes", debido a las lesiones que causan en la piel, que parecen ampollas o quemaduras. Sin embargo, ya que también causan daños severos a los ojos, sistema respiratorio y órganos internos, quedarían mejor descritos como "agentes lacerantes y que dañan los tejidos". El típico agente mostaza, el bis-(2-cloroetil) sulfuro, reacciona con un gran número de moléculas biológicas. El agente mostaza tiene un efecto retrasado y los primeros síntomas ocurren entre 2 y 24 horas después de la exposición.

El agente mostaza se produjo por primera vez en 1822 pero sus efectos dañinos fueron descubiertos hasta 1860. Se utilizó por primera vez como arma química en la Primera Guerra Mundial, y causó daños a los pulmones y ojos de un gran número de soldados.

Se produce de manera muy sencilla, y por lo tanto, puede ser una de las primeras armas químicas de las que se hace un país que decide hacer una capacidad en este terreno. Además del agente mostaza, existen otros compuestos similares que se han usado como armas químicas. Uno de ellos es el agente mostaza nitrogenado, que aunque es muy dañino, presenta el problema de su almacenaje que no es sencillo.

En su estado puro, el agente mostaza es incoloro y prácticamente inodoro. Su nombre se debe a que en uno de los primeros métodos de producción, se obtuvo un compuesto impuro con olor a mostaza. El agente mostaza presenta un olor característico a cebolla fermentada. Sin embargo, el olor deja de percibirse después de unas cuantas inhalaciones. Adicionalmente, el agente mostaza puede causar daños al sistema respiratorio a concentraciones tan bajas, que no son detectadas por el olfato.

A temperatura ambiente, el agente mostaza es un líquido de baja volatilidad y muy estable durante su almacenaje.

La mortalidad producida es baja. Se requiere una dosis aproximadamente 50 veces mayor que la requerida por el agente nervioso Soman. Las personas que mueren por exposición al agente mostaza normalmente lo hacen después de varios días o semanas. El agente mostaza en estado gaseoso causa daños menores en la piel. Los daños mayores son causados por el contacto del líquido con la piel. No existe antídoto.

### Propiedades físicas

<b>Fórmula química condensada</b>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>2</sub> S
<b>Peso molecular, Dalton</b>	159.1
<b>Densidad, g/cm<sup>3</sup></b>	1.27
<b>Temp. de ebullición, °C</b>	217
<b>Temp. de fusión, °C</b>	14
<b>Presión de vapor, mm Hg a 25 °C</b>	0.11
<b>Volatilidad, mg/m<sup>3</sup> a 25 °C</b>	900
<b>Solubilidad en agua, % a 20 °C</b>	0,06

### Toxicidad

Inhalación: LC<sub>50</sub> 1 500 mg\*min/m<sup>3</sup>

Exposición de la piel: LC<sub>50</sub> 10 000 mg\*min/m<sup>3</sup>

Mínima dosis causante de laceración en la piel: 0,02 mg

### CIANURO DE HIDRÓGENO

Su fórmula química es HCN. Causa envenenamiento en general. Es altamente tóxico, y en concentración suficiente, lleva rápidamente a la muerte. Se utilizó en la guerra entre Iraq e Irán así como contra los Kurdos en el norte de Iraq durante los 80's. A temperatura ambiente es un líquido que ebulle a 26°C. La principal ruta de envenenamiento es a través de la inhalación. Tanto en su estado gaseoso como líquido, así como las sales de cianuro en solución, pueden ingresar al cuerpo a través de la piel. Su alta volatilidad lo hace de difícil uso en agresiones químicas, ya que es difícil lograr concentraciones suficientes en espacios abiertos. Por otro lado, la concentración del cianuro de hidrógeno puede alcanzar niveles letales rápidamente en espacios confinados.

El principal efecto tóxico de este compuesto se debe a que inhibe las enzimas que contienen metales. Una de dichas enzimas es la citocromoxidasa, que contiene hierro. Esta enzima es la responsable del proceso de suministro de energía en las células que utilizan oxígeno (es decir, en la respiración de la célula). Al cesar la respiración de la célula, ésta muere.

Los síntomas de envenenamiento con cianuro de hidrógeno dependen de la ruta de envenenamiento, la dosis total y el tiempo de exposición. Si se ha inhalado, los síntomas iniciales consisten en una respiración continua y agitada. Otros síntomas son: vértigo, dolor de cabeza, palpitaciones y dificultad en la respiración. Estas son seguidas por vómito, convulsiones, paro respiratorio y estado de inconsciencia. Si la exposición resulta a muy altas concentraciones, no hay tiempo para que surjan los síntomas, ya que la persona se colapsa y muere.

*Relación entre la concentración y los efectos de inhalar cianuro de hidrógeno*

Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Efecto
300	Inmediatamente letal
200	Letal después de 10 minutos
150	Letal después de 30 minutos
120-150	Muy peligroso (fatal) después de 30-60 min.
50-60	Sin efecto permanente por 20 min. - 1 h
20-40	Síntomas ligeros después de varias horas

**CLORURO DE CIANÓGENO**

Su fórmula química es CCIN. Su peso molecular es de 61.5. Se produce por acción de cloro en cianuro de hidrógeno. Tiene una temperatura de ebullición de 13.8°C y una Temp. de fusión de 6°C. Sus vapores son sumamente tóxicos y tienen efectos similares a los del cianuro de hidrógeno.

**CLOROPICRINA**

Es el cloronitrometano: CCl<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>. Su peso molecular es 164.3. Consiste en un líquido ligeramente aceitoso, de olor intenso. Su temperatura de ebullición es de 112°C. La temperatura de fusión es de 64°C. Es prácticamente insoluble en agua. Produce irritación severa sensorial en los pasajes respiratorios superiores. Posee fuertes propiedades lacrimógenas. Oralmente causa náusea severa, vómito, cólicos y diarrea. Es un irritante potente de la piel. Además de usarse como arma química, se aplica como desinfectante de cereales y granos, fumigante e insecticida en suelos.

**ARSINAS (algunos compuestos de arsénico que son armas químicas potenciales)**

Entre el arsenal de armas químicas se encuentra el agente mostaza mezclado con lewisita, que es un compuesto alifático de arsénico, la 2-clorovinildicloroarsina. La lewisita pura es un líquido incoloro. Al igual que el agente mostaza, es poco soluble en agua, pero su volatilidad es mucho mayor. Las lesiones causadas por la lewisita son similares a las que causa el agente mostaza, aunque el mecanismo es diferente. Desde el punto de vista del diagnóstico, una diferencia importante consiste en que los síntomas en el envenenamiento con lewisita son inmediatos. Los daños en la piel se tratan de la misma manera que en el caso de exposición al agente mostaza. Un antídoto específico (BAL, British Anti Lewisite, dimercaptopropanol) brinda una buena protección a la piel y membranas. El BAL también tiene efectos contra el envenenamiento sistémico.

Otras sustancias que contienen arsénico también han sido de interés como armas químicas. Un ejemplo es la adamsita, 10-cloro-5,10-dihidrofenasazina, que es un polvo que irrita la nariz y la garganta.

**FOSGENO**

Cloruro de carbonilo: CCl<sub>2</sub>O. Peso molecular: 98.9. Se prepara a partir de cloro y monóxido de carbono. Su temperatura de ebullición es de 8.2°C. Es un gas muy tóxico, con un olor sofocante. Condensa a Aprox. 0°C como un líquido incoloro y fumeante. Es un veneno insidioso ya que no irrita inmediatamente, aún cuando se inhalan concentraciones letales. Puede causar edema pulmonar severo (que puede ser fatal rápidamente) o neumonía. La inhalación de concentraciones altas causa sofocamiento, presión en el pecho y respiración dolorosa.

**GASES LACRIMÓGENOS**

Gases lacrimógenos es el nombre común de sustancias que, en bajas concentraciones, causan dolor en los ojos, lagrimeo y dificultad en mantener los ojos abiertos. Los gases lacrimógenos se utilizan principalmente en ejercicios militares y en control de motines y tumultos, pero también se han usado como un método de guerra.

Entre una enorme lista de sustancias, tres son los que se han hecho más importantes, ya que son efectivos e implican bajo riesgo en el manejo. Estas sustancias son: acetofenona (nombre de código: CN), orto-clorobencildenmalononitrilo (nombre de código: CS) y dibenzo (b,f)-1,4-oxazepina (nombre de código: CR). El CN fue el más usado en un principio. Actualmente, el CS ha reemplazado al CN y probablemente es el más utilizado en todo el mundo.



A temperatura ambiente, los gases lacrimógenos son sólidos de color blanco. Son estables cuando se calientan y tienen una baja presión de vapor. Consecuentemente, se dispersan como aerosoles. Todos ellos presentan una baja solubilidad en agua pero son solubles en varios solventes orgánicos.

La descontaminación de material contaminado con CS puede hacerse con una solución de sosa al 5-10%. Si esto no es posible (Ejemplo: en muebles), otro método es con intercambio intensivo con aire, de preferencia caliente.

En contraste con los seres humanos, los animales generalmente son poco sensibles a los gases lacrimógenos. Por lo tanto, la policía puede utilizar caballos y perros para el control de tumultos cuando aplica gases lacrimógenos.

*Concentraciones mínimas requeridas ( $TC_{50}$ ) y concentraciones incapacitantes ( $IC_{50}$ ) para gases lacrimógenos ( $mg/m^3$ )*

	CN	CS	CR
<b>TC<sub>50</sub> (ojos)</b>	0.3	0.004	0.004
<b>TC<sub>50</sub> (inhalación)</b>	0.4	0.023	0.002
<b>IC<sub>50</sub></b>	20 - 50	3.6	0.7

### **AGENTES PSICOTOMIMÉTICOS (armas químicas que actúan en la mente)**

Este grupo de agentes normalmente incluye sustancias que, administradas en bajas dosis (< 10 mg), causan condiciones similares a desórdenes psicóticos u otros síntomas que emanan del sistema nervioso central (pérdida de sensaciones, parálisis, rigidez, etc.). Los efectos son transitorios y causan incapacidad e inhabilidad para tomar decisiones. Existen muchas sustancias para lograr estos objetivos.

Durante los años 50's, se estudiaron sustancias como los glicolatos. Se puso especial interés al BZ, 3-quinuclidinylbenzilato. Los efectos de este grupo de sustancias son similares a los causados por la atropina. El BZ causa envenenamiento en dosis de 0.5-5 mg. Después de alrededor de 30 minutos, ocurren los síntomas periféricos, como pupilas distendidas, visión de corta distancia deteriorada, boca seca y palpitaciones.

Un efecto serio del envenenamiento con BZ, al igual que con otras sustancias parecidas a la atropina, es un incremento en la temperatura corporal. Consecuentemente, de deteriora el nivel de consciencia, surgen alucinaciones y coma. Los efectos incapacitantes posteriores pueden durar entre 1 y 3 semanas después del envenenamiento.

La Fenciclidina es una sustancia con propiedades analgéticas y anaestéticas. Provoca síntomas como consciencia afectada, desorientación y alucinaciones. Estos síntomas ocurren después de algunas horas en dosis de 5-20 mg. A dosis muy altas (>100 mg) existe mayor riesgo de, por ejemplo, depresión respiratoria y muerte. La Fenciclidina es usada ampliamente por drogadictos, mezclada con tabaco. Se puede producir con facilidad

El LSD es, probablemente, la más activa de todas las sustancias que tienen efectos psicotomiméticos. Sin embargo, su estabilidad química es muy baja y por lo tanto, es de muy bajo uso como arma química. Sin embargo, existen otras sustancias químicas con efectos similares a los del LSD. Estas sustancias son químicamente similares a las anfetaminas y también son estables. Teóricamente, estos tipos de sustancias podrían usarse como armas químicas en circunstancias especiales, dispersándose como aerosoles.

### **TOXINAS**

Las toxinas son venenos efectivos y específicos producidos por seres vivos. Normalmente consisten en una cadena de aminoácido, cuyo peso molecular puede variar entre doscientos (péptidos) y cien mil (proteínas). También pueden ser compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Las toxinas son producidas por numerosos organismos: bacterias, hongos, algas y plantas. Muchos de ellos son extremadamente venenosos, con una toxicidad que es varias veces de magnitud mayor que la de los agentes nerviosos.

Las toxinas empezaron a despertar interés militar durante la primera mitad del siglo 20. Sin embargo, no existía la tecnología para producirlas en grandes cantidades, ni para almacenarlas y preservarlas. Actualmente, con el desarrollo de la biotecnología, esto se ha hecho posible.