

## Armas químicas: qué son y cómo actúan

**Resumen:** Acontecimientos de la más diversa índole han puesto de actualidad una de las armas más insidiosas que ha inventado el ingenio humano. Es este trabajo, dirigido especialmente a profesores de enseñanzas preuniversitarias, se hace un breve análisis técnico, especialmente químico, con especial incidencia en su estructura molecular, de este tipo de sustancias, analizando además su modo de actuación, dispersión y persistencia en el medio, y del uso, mal uso, que el ser humano ha hecho de ellas a lo largo de la historia. También se expone el destino final de este tipo de armamento, y las técnicas de destrucción que se utilizan además de recordar que muchas de las materias primas que en su fabricación se emplean pueden fácilmente disimularse ya que también tienen amplia aplicación en procesos químicos civiles.

### Consideraciones generales

La OPCW, en español OPAQ (*Organización para la Prohibición de las Armas Químicas*) establece de modo oficial la siguiente definición

1. Por "armas químicas" se entiende, conjunta o separadamente:

- Las sustancias químicas tóxicas o sus precursores, salvo cuando se destinen a fines no prohibidos por la presente Convención, siempre que los tipos y cantidades de que se trate sean compatibles con esos fines;
- Las municiones o dispositivos destinados de modo expreso a causar la muerte o lesiones mediante las propiedades tóxicas de las sustancias especificadas en el apartado a) que libere el empleo de esas municiones o dispositivos; o
- Cualquier equipo destinado de modo expreso a ser utilizado directamente en relación con el empleo de las municiones o dispositivos especificados en el apartado b).

En resumen, un arma química es aquella que produce lesiones en virtud de los aspectos agresivos de determinadas sustancias químicas diseminadas en el medio enemigo. Si no se hace esta salvedad, la mayoría de armas son químicas, bien en su deflagración- los explosivos- bien en su proyección, tanto en cañones, como de misiles ya que corditas y propergoles impulsan al ingenio gracias a reacciones químicas.

Se diferencian las armas químicas de las biológicas porque mientras que aquellas actúan debido a los efectos tóxicos o agresivos de determinadas sustancias químicas, las biológicas pretenden contaminar el ambiente enemigo con microorganismos o toxinas que produzcan enfermedades en personas o animales.

El armamento químico es relativamente fácil de producir, la mayoría de países con una mínima infraestructura de industria química son capaces en breve tiempo de poner en marcha líneas de producción de armas químicas (véase el epígrafe historia). Son de fácil transformación, por ejemplo, fábricas de fertilizantes y las materias primas que requieren, en su mayoría son de fácil obtención, incluso pueden camuflarse como base de otros productos. En estos aspectos se diferencian de las armas nucleares, que, por mucho que cierta prensa sensacionalista diga lo contrario, aunque están



José Antonio Martínez Pons  
Universidad Antonio Nebrija  
jamartinez@mi.madritel.es

al alcance de muchos países, se requiere varios años desde que se decide su puesta en producción hasta su realidad, el material fisiónable no es de fácil obtención y la formación de técnicos especialistas tampoco es inmediata, además los costos de este tipo de armamento son incomparablemente más elevados que los costos de las armas

químicas. Ello no ha sido obstáculo para que países en los que una parte importante de su población vive en la más auténtica miseria dispongan de un abundante arsenal atómico.

El armamento químico es mucho más seguro que el biológico frente a posibles accidentes en planta, transporte o utilización y la persistencia de sus efectos es de más fácil control y previsión.

En cuanto a los efectos sobre el enemigo, no se trata de un arma destructiva, sino que conserva bienes y enseres, que pueden ser en consecuencia capturados y reutilizados en beneficio propio<sup>1</sup>. Su grado de letalidad depende del tipo de arma, aunque hoy día desde el punto de vista militar, según algunos expertos, es preferible lesionar gravemente al enemigo que matarlo, ya que una baja por muerte inutiliza un combatiente, un herido debe ser retirado de la zona de batalla, atendido, tratado, hospitalizado etc., implicando, hombres y recursos y complicando la logística con una corriente frente-retaguardia.

Además la necesidad de que los combatientes vistan trajes protectores les resta efectividad y la posibilidad de recibir un ataque de este tipo obliga a implementar medidas defensivas que consumen recursos. Se han hecho estudios que demuestran que las capacidades físicas y psíquicas de los soldados envueltos en un traje protector se deterioran muy rápidamente, con síntomas como subida de las pulsaciones, dolores indeterminados, dificultad para respirar etc., además de las limitaciones a la movilidad y la visión que el equipo de defensa supone.

Tampoco son desdeñables los efectos psicológicos que este tipo de guerra produce, tanto entre los combatientes como en la población civil, que está prácticamente indefensa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Curiosamente en los años 80 cierta propaganda atribuía esta característica a la "bomba de radiación incrementada" o bomba de neutrones, clasificada por esta razón como "arma capitalista" o "fascista", lo cual no era adecuado, puesto que este arma no dejaba de ser una bomba nuclear con sus ondas de presión y de temperatura, en la que se incrementaba la radiación.

<sup>2</sup> En EE UU, sobre todo a partir del "11-S" ha habido una desbordamiento de compra de máscaras antigás entre la población civil, la mayor parte de estas no cumplen las mínimas condiciones de seguridad y serían prácticamente inútiles en caso de ser utilizadas.

Como principales inconvenientes hay que decir que las armas químicas son muy susceptibles a las condiciones ambientales: temperatura, humedad, vientos etc. y su uso complica la logística del siguiente ataque convencional, ya que las tropas pueden ser víctimas de las propias armas.

La fabricación almacenamiento y transporte de muchas de estas armas puede ser peligroso ya sea por causa de los escapes que pudieran producirse y por la propia reactividad química de las sustancias agresivas que pueden corroer los recipientes en que se encuentran.

Además existe el peligro real de que este armamento, por la vía que sea, caiga en manos de grupos terroristas, incluso producidos por ellos mismos.

### Resumen histórico

Aunque parece que la "guerra química" es algo moderno, hay que decir que el uso de sustancias incendiarias, venenosas o irritantes se pierde en el tiempo.

Muchas culturas muy primitivas emponzoñan sus flechas con las más extrañas sustancias, valga de ejemplo el curare amazónico. En la guerras entre Atenas y Esparta (431 - 404 a.C.) se utilizaron gases venenosos. Tucídides relata que en las guerras del Peloponeso se utilizaron una suerte de lanzallamas a base de alquitrán y mezclas de azufre, así como mezclas generadoras de humos, con gases sulfurosos que en suficiente dosis son tóxicos, incluso, siempre según Tucídides, los espartanos lanzaron nubes de vapor en que se había dispersado arsénico.

Eneas Táctico recomienda el uso de humo para amedrentar a los zapadores enemigos en los sitios y en la antigua China parece que también se empleaban gases tóxicos (Mo Zi recomendaba lanzar antorchas especiales en la minas que el enemigo cavaba, de modo que los gases que desprendían mataban a los zapadores) Incorporar arsénico a las mezclas incendiarias o explosivas fue práctica común en China hasta casi el año 1000 de nuestra era.

Armas fumígenas e incendiarias se utilizaron durante muchos siglos, entre ellas el famoso fuego griego. Se trataba de mezclas de azufre, alquitrán y resina de pino o destilados del petróleo crudo que aparecía espontáneamente en algunos lugares de Asia menor (nafta), aunque este producto no pueda considerarse en sentido estricto como un arma química, sino más bien incendiaria. En el siglo XIII Hassan Alramnah describe un agresivo químico a base de opiáceos y arsenicales. En la batalla naval de Ponza (1435) se utilizaron productos cáusticos e irritantes y por esta misma época los venecianos parece que cargaron bombas de mortero con venenos y las utilizaron contra los turcos (Villalonga, 2005). En 1640 Glanber propuso el empleo de granadas fumígenas cargadas con trementina y ácido nítrico pero el primer dato constatado de fabri-

cación de proyectiles artilleros conteniendo agresivos químicos data de 1830, se fabricaron en Sèvres, siendo la idea del farmacéutico Lefortier. En esta misma época, se propuso impregnar las bayonetas de los soldados prusianos con cianuro de potasio y en la Guerra de Crimea (1853-53) el almirante británico Lord Dundonald sugirió el uso de gases sulfurosos contra los rusos y Sir Lyon Playfair cargar con cianuro granadas de artillería en el sitio de Sebastopol. El Almirantazgo se opuso a la idea por considerarla contraria a las reglas de la guerra, a lo que Sir Lyon respondió que no era peor cargar con gases que con metralla.

El gobierno británico consultó a Michael Faraday la posibilidad de emplear sustancias tóxicas contra los rusos. Faraday, respondió que era posible, pero que era una práctica bárbara y que por tanto rehusaba participar en ella. (Croddy, 2001).

En la guerra franco prusiana, se volvió a pensar en el cianuro para emponzoñar las bayonetas, esta vez de los franceses.

En la guerra civil americana, los confederados utilizaron bombas de humo como arma contra mina. Incluso se llegó a pensar en fabricar pólvoras con un alto contenido en azufre para que los gases resultantes de la deflagración contuvieran una alta concentración de SO<sub>2</sub>.

La "mayoría de edad" del armamento químico llegó durante la Primera Guerra Mundial. A su desarrollo no fue ajeno el gran químico alemán de origen judío Fritz Haber<sup>3</sup>, quien, curiosamente, se definía como "pacifista" y justificaba su trabajo diciendo que si ponía en manos del Ejército alemán un arma muy poderosa, la guerra se acabaría rápidamente (con victoria de los suyos).

En un principio el Alto Mando Alemán, muy tradicionalista, se mostró escéptico ante la utilización de estas nuevas armas, aunque autorizó la fabricación de bombas rellenas de cloro. El 22 de abril de 1915<sup>4</sup> en el frente de Ypres se produjo el primer ataque químico. Aprovechando un viento favorable, se destaparon las bombas y una nube amarilla verdosa se esparció sobre las líneas aliadas y causó unos 5.000 muertos e incapacitó otros 10.000 hombres, el éxito fue tan inesperado que los alemanes no fueron capaces de aprovecharlo. En poco tiempo todos los beligerantes utilizaron armas químicas: los ingleses el 25 de septiembre de 1915 lanzaron nubes de fosgeno, cloro y cloropicrina. En 1916 los franceses utilizan la "vincenita", cianuro mezclado con tricloruro de arsénico y cinc. En junio de 1916 se desarrolla una mezcla llamada "rompemáscaras" que contiene difosgeno, fosgeno, y difenilcloroarsina, esta última es estornutatoria por esa razón impide el uso de las máscaras. Incluso los austriacos que no la producían recibieron munición química alemana que utilizaron en el frente del Isonzo. El agresivo más potente apareció en junio de 1917, fabri-

<sup>3</sup> La biografía de Haber, como la de tantos científicos es harto compleja e incluso contradictoria con capítulos propios de una novela.

## Armas Químicas

cado por los alemanes, es el sulfuro de dicloroetilo<sup>5</sup>, conocido bajo los nombres de "iperita", "senfgas", "lost" o "gas mostaza", produjo ocho veces más bajas que los restantes agresivos. Los americanos prepararon las lewisitas que no llegaron a tiempo de utilizarse (Villalonga, 2005) Los "gases" produjeron un total de unas 350.000 víctimas de las que 91.000 fallecieron, el total de bajas fue de 1.300.000, valga el dato de comparación.

En 1925 se firmó el primer protocolo de Ginebra<sup>6</sup> por el que una serie de países se comprometía a no utilizar armas químicas, sin embargo antes y después numerosos países, incluso entre los firmantes, hicieron uso de ellas, Por ejemplo, Gran Bretaña en la Guerra Civil Rusa (1919) y en Oriente Medio (1920-25), La URSS en Sinkiang (1934) Italia en las guerras abisinias (1935-36), Francia y también España en el Rif (1925) aunque nunca aceptó haberlas usado, sin embargo hoy se sabe (Villalonga, 2005) que se empleó iperita, cloripicrina y fosgeno. Inicialmente se compró material químico a Francia, después a Alemania, que suministró un precursor, el *oxol* o *tiodiglicol*. En los años 20 (Manrique, 2002) tras una compleja historia, se creó la fábrica de la Marañososa (llamada Alfonso XIII, FNPQ.AXIII) cerca de Madrid. En junio de 1921 se empezó a cargar proyectiles y bombas en Melilla. La dispersión desde el aire fue realizada por primera vez en el mundo en esta campaña. Es curioso que Abd el Krim también ocultara que hubiera sido atacado con estos medios para preservar la moral de los suyos. Por su parte trató de conseguir armas químicas pero no lo consiguió, siendo engañado por los presuntos vendedores.

En la represión de la revolución de 1934, se utilizaron gases lacrimógenos contra los revolucionarios que ocupaban el monasterio de San Pelayo (Oviedo). Hay testimonios orales recogidos por el coronel Manrique de que en los años 30 la empresa civil Cros de Badalona fabricaba iperita para el ejército.

En la guerra civil española sólo hay constancia efectiva de su uso por parte republicana. Ambos bandos recibieron material químico extranjero y en ambos territorios se fabricó, tanto en Mellila por los nacionalistas como en la Marañososa, por lo republicanos aunque se había asesinado a casi toda la oficialidad allí destinada. También ambos bandos improvisaron fábricas de armamento químico. La producción continuó, por lo menos, en los cuarenta. A principios de los sesenta se acabó de destruir toda la reserva. (Manrique 2002) La Marañososa sigue en activo aunque no produce material de guerra química. Por el contrario el Laboratorio de Verificación

de la Marañososa (LAVEMA) es uno de los doce laboratorios de la OPAQ para la verificación de los tratados de prohibición de armas químicas que existen en el mundo.

En la segunda guerra mundial, aunque todos los contendientes disponían de arsenales químicos, incluso los alemanes armamento muy avanzado, no usó por ninguno de los bandos, salvo algún caso muy aislado a principios de la guerra tanto por parte polaca como alemana.<sup>7</sup> El único incidente importante tuvo lugar el 2 de diciembre de 1943 como consecuencia de un ataque aéreo sorpresa alemán sobre el puerto italiano de Bari, ocupado por los aliados. El mercante John Harvey fue alcanzado, estalló y una nube de gas mostaza inundó la zona, causando muchas víctimas, no sólo entre la marinería sino en la población civil. El mando aliado declaró que no se pensaba utilizar el gas que transportaba el Harvey salvo que Alemania hiciera lo mismo.

Desde entonces el uso militar de los gases aunque raras veces reconocido, no ha sido infrecuente. Así está probado que en el largo conflicto que enfrentó a Irán e Irak, (1983) este país también hizo uso de una mezcla de gas mostaza y tabún contra militares y población civil como comprobó un grupo de expertos de la ONU entre los que figuraba el español Dr. Domínguez Carmona, Catedrático de Medicina preventiva y coronel médico.

Pese a los tratados y las buenas intenciones las grandes potencias continuaron perfeccionando el arsenal químico, en la mayoría de los casos a partir de las investigaciones alemanas. Se sabe, por ejemplo, que los soviéticos capturaron del orden de 12.000 t de gas nervioso a los alemanes así como alguna fábrica como Dyherfurth, que se llevaron a la URSS y siguieron con su desarrollo.



Figura 1. Nube tóxica procedente del John Harvey

<sup>4</sup> El general médico don Luis Villalonga da como fecha el 15 de abril.

<sup>5</sup> La nomenclatura utilizada en todo este trabajo y salvo erratas de transcripción, es la más frecuente en la bibliografía, la lista completa de sustancias químicas y su nombre IUPAC pueden verse en la página de la OPAQ [www.opcw.org](http://www.opcw.org).

<sup>6</sup> El estudio de los sucesivos tratados, protocolos etc es un tema muy interesante que aquí no se aborda por razón de espacio. Para una mayor información véase por ejemplo Jozef Goldblat (1997). En este campo, como en muchos más del derecho humanitario internacional, es de destacar la acción de Cruz Roja, organización nacida de la inspiración de Henry Dunant precisamente con el fin de "humanizar" las guerras. La página Web [www.opcw.org](http://www.opcw.org), de la organización para la prohibición de armas químicas proporciona a su vez abundante información muy actualizada sobre el estado de la cuestión.

<sup>7</sup> Los soldados de la Wehrmacht entraron en la guerra con una máscara en su equipo, contenida en un característico depósito cilíndrico metálico. Con el transcurrir de la contienda y a la vista de que los gases no se utilizaban, se retiró la máscara y el contenedor sirvió para un botiquín de urgencia.

## Tipos de armas químicas

Las armas químicas reciben el nombre técnico de *agentes*. Entre las posibles clasificaciones, siempre con una cierta dosis de arbitrariedad, se puede atender a dos características (Jiménez Gómez, 2005).

- a) Intensidad de acción en cuyo caso se clasifican en incapacitantes, aquellos que no producen la muerte de los afectados, y letales, los que la producen
  - b) Efectos que producen sobre el afectado, que es el modo más común de clasificar.
- normalmente, sólo se tienen en cuenta los efectos casi instantáneos.

En la bibliografía se encuentran diferentes clasificaciones, en general, equivalentes, como la tomada de [www.tecnociencia.es](http://www.tecnociencia.es): **Agentes asfixiantes, Cianidas, Agentes nerviosos, Agentes vesicantes, Agentes incapacitantes, Agentes antidisturbios.**

La OPAQ propone las clases siguientes (entre paréntesis a continuación de los ejemplos se da el código asignado por la OTAN).

✓ **Agentes neurotóxicos o gases nerviosos:** Sustancias que interfieren con el sistema nervioso central actuando principalmente sobre los neurotransmisores de impulsos nerviosos de forma irreversible. La exposición es principalmente por contacto con el líquido (a través de ojos y piel) y en forma secundaria por inhalación de vapor. Algunos agentes nerviosos son: *Tab n* (GA), *Sar n* (GB), *Soman* (GD) y *VX*. Los síntomas que delatan su acción son: pupilas pequeñas, cefalea extrema, severa opresión del pecho, disnea, líquido en la nariz, tos, salivación, insensibilidad.

✓ **Agentes asfixiantes:** Sustancias que causan daño físico a los pulmones. La exposición es a través de inhalación. En casos extremos, las membranas se hinchan y los pulmones se llenan de líquido (edema pulmonar). La muerte es por falta de oxígeno; por lo tanto la víctima es "sofocada". Ejemplos el *cloro* y el *fosgeno* (CG). Síntomas: irritación de ojos, nariz y garganta, dolor al respirar, nausea y vómitos, quemaduras en la piel expuesta.

✓ **Agentes sanguíneos:** Sustancias que dañan a las personas por interferencia en la respiración celular (intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y los tejidos). Algunos agentes sanguíneos son: *cianuro de hidrógeno* (AC) y *cloruro de cianógeno* (CK). Los síntomas más relevantes causados por los mismos son: dolor al respirar, cefalea, insensibilidad, coma.

✓ **Agentes vesicantes:** Sustancias que causan ampollas en la piel. La exposición puede ser por contacto de líquido o vapor a cualquier tejido expuesto (ojos, piel o pulmones). Algunos agentes vesicantes son: *iperita* o *mostaza* (H), *mostaza destilada* (HD), *mostazas nitrogenadas* (HN) y *lewisitas* (L). Síntomas: ojos rojos, irritación, quemaduras en piel, ampollas, daño al tracto respiratorio superior, tos, ronquera.

✓ **Agentes paralizantes o psicot xicos:** Sustancias que causan incapacidad motora, causando efecto

sedante y confusión mental. El principal agente paralizante conocido es el *bencilato de quinuclidinilo* (BZ) y sus derivados.

✓ **Agentes lacrimógenos:** Sustancias que causan irritación en ojos, garganta y piel acarreado problemas respiratorios y en altas dosis náuseas. Los más usados son: CN (*MACE-alfa-cloro-acetofenona*), CS (*2-clorobenzalmalonitrilo*), CA-*alfa-bromobenzilcianato* (BBC). Suelen usarlos además fuerzas policiales y antidisturbios

✓ **Agentes vomitivos:** Sustancias que causan graves sucesos de vómitos, normalmente acompañados de una intensa lacrimaci n, dolores de cabeza, náuseas, espasmos y tos. El principal ejemplo de este grupo es la *adamsita* (DM) y sus derivados.

✓ **Toxinas:** Producidas por microorganismos. (No se tratan en este trabajo)

Aunque existen infinidad de productos químicos tóxicos, la mayoría no son susceptibles de convertirse en arma, (la palabra técnica inglesa que expresa esta conversión es "*weaponize*"). Los efectos inmediatos no son la única característica a tener en cuenta, son importantes el modo de dispersión y la persistencia, (estabilidad en el tiempo y frente a la temperatura), la tensión superficial, (si se consigue que el líquido no "moje" el uniforme protector del soldado se deslizará sobre él hasta encontrar una ranura por la que penetrar y ponerse en contacto con la piel). Tampoco deben corroer los recipientes que las contienen, lo que hace que no todas las sustancias tóxicas sean efectivas como arma.

Normalmente los "gases" no son tales sino aerosoles, diminutas gotas en suspensión en el aire, y sustancias volátiles como el ácido cianhídrico se dispersan adsorbidas en líquidos o sólidos ("*zyklon*" A y B).

##  ndices de toxicidad

Los grados de toxicidad se cuantifican mediante varios índices. (Jiménez Gómez, 2005) el más utilizado es la *Dosis Letal* o **DL** es la cantidad de sustancia que produce la muerte. Como es evidente no existe un umbral único por lo que debe tomarse una referencia estadística y en este sentido se habla de la **DL<sub>50</sub>** como la dosis, en mg por unidad de masa del paciente<sup>8</sup>, que produce la muerte en el 50% de individuos que la ingieren.

De modo semejante se define la *Dosis Incapacitante*, **DI<sub>50</sub>**.

Otras veces lo interesante es el tiempo necesario para recibir esta dosis, que dependerá evidentemente, de la concentración contenida en el ambiente. Al producto de concentración por tiempo que tiene efectos letales para el 50% de sujetos se le llama **CTL<sub>50</sub>**. De igual modo se define la **CTI<sub>50</sub>**.

Finalmente se define el * ndice de Haber* como la concentración máxima de un tóxico que es letal para el 50% de individuos expuestos a ella durante un minuto.

<sup>8</sup> Siempre buscando la máxima normalización, se obvia la influencia que la masa del individuo pueda tener. Respecto a la notación, se sigue la española, con indicación del porcentaje en subíndice. En inglés se invierten las siglas.

## Armas Químicas

Como se ve en los tres casos, la idea es la misma y lo que varía es la forma de expresarla.

Por otra parte, cuanto antes se detecta el contaminante (no hay que olvidar que algunos tienen efectos acumulativos) más fácil es tomar medidas defensivas, por ello se define el *índice de actividad CTA* que es la mínima concentración de tóxicos que produce algún tipo de síntoma después de un minuto de exposición.

### Química. (Sólo se describen los agentes más comunes)

Los agentes más difundidos hoy son los vesicantes y asfixiantes herederos directos de los que se emplearon en la I GM, baratos y fáciles de producir y los nerviosos, muy efectivos. Los restantes no parece que tengan valor militar.

#### Agentes vesicantes.

Su modo de acción como ya se ha dicho en un nivel macroscópico es la formación de ampollas. Unos son derivados del arsénico, como las lewisitas por el Capitán Lewis del ejército de EE.UU. quien las sintetizó en 1917-18 que es una mezcla de *clorovinil arsenamidas*. Se detectan por un olor a "ajo" característico.

La otra familia de este grupo son los gases mostaza o iperitas. El nombre de gas mostaza viene de su olor y el de iperita del sector (Yprès) donde se utilizó por Ejército Alemán en 1915. Químicamente es el *sulfuro 2,2,dicloroetilo*.

Semejantes a la iperita son las mostazas nitrogenadas. En ellas, buscando una mayor agresividad, se sustituye el azufre por un grupo amino terciario (Jiménez Gómez, 2005). Se conocen como HN1, HN2 y HN3 según que R sea etilo, metilo o 2-cloroetilo respectivamente.

La iperita en estado puro es un líquido aceitoso incoloro y prácticamente inodoro, siendo las impurezas las que le dan el color y olor típicos.

Tabla 1. Algunas características de los agentes vesicantes.

Agente	Iperita (H)	Mostazas nitrogenadas (HN)	Lewisita I (L)
Fórmula	CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl S CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl	CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl R-N CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> Cl	Cl As-CH = CHCl Cl
CTI 50 inhalado	1500	HN1 200 HN2 100 HN3 200	300
CTI 50 piel	10000	9000 4000 2500	1500
CTL50		1500 3000 1500	1400
	Muy permanente. Tratamiento sintomático con cremas y adsorbentes. Olor típico	Muy solubles en disol. orgánicos, poco en agua. No huelen a mostaza, el nombre les viene de la similitud química	Olor típico



Figura 2. Modelo molecular de la iperita

Se conoce bastante bien la interacción del azufre de la iperita con los ácidos nucleicos y menos con los fosfolípidos de las membranas celulares, aunque por RMN se ha comprobado que dispersan formando vesículas unilaminares de lecitina (Jiménez Gómez, 2005). Si bien las reacciones se producen muy rápidamente, los efectos clínicos tardan más en hacerse patentes y la muerte celular acontece al cabo de unas 4 horas después de la exposición. Si la contaminación es muy intensa pueden ocurrir otros caminos como la homeostasis de los canales de iones calcio. (Llinás 1982). Las lewisitas actúan sobre los enzimas que contienen grupos tiol, impidiendo su acción (Jiménez, 2005).

#### Agentes neurotóxicos.

Los primeros agentes nerviosos se sintetizaron en Alemania hacia 1934, precisamente buscando insecticidas. La síntesis del tabún era muy compleja, sobre todo por los productos intermedios muy corrosivos que obligaba a que algunos de los reactores y depósitos fueran de cuarzo o plata.

La diferencia entre ambos grupos está sobre todo en la volatilidad y los sistemas de absorción por los organismos.

Químicamente se trata de compuestos *alquilfosfonatos* o simplemente *fosfonatos*. Observando sus fórmulas (Figuras 3, 4 y 5) se aprecia como en todos ellos el núcleo es un átomo de fósforo rodeado por un buen grupo saliente. Además el átomo de fósforo constituye un centro quiral, por lo que existen estereoisómeros Sp y Rp. (Domínguez Carmona, 2005).

En general inhiben la acetilcolinesterasa, produciendo síndromes nicotínico y muscarínico, algunos se emplean como plaguicidas, en los de uso militar la reactividad se potencia con la presencia, por ejemplo, de un átomo de flúor.

La acetilcolinesterasa, es la enzima que regula el proceso por el que la acetilcolina queda hidrolizada a colina y ácido acético.



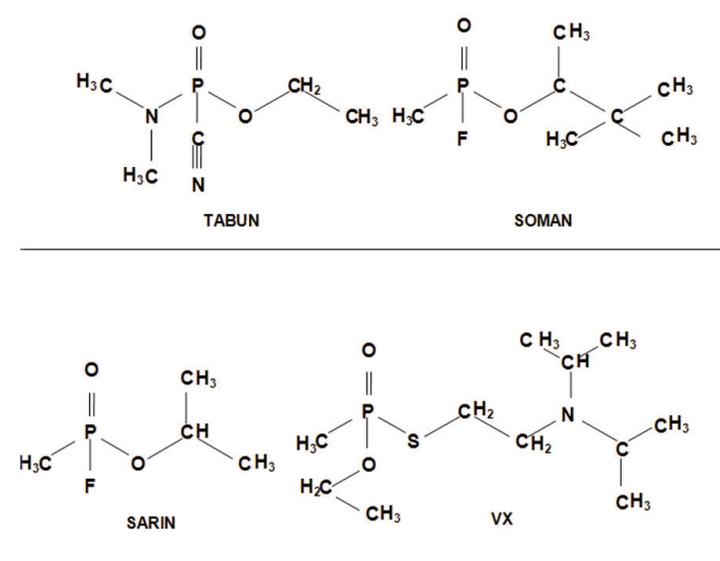


Figura 3. Fórmulas de los principales agentes nerviosos. Obsérvese la estructura común caracterizada por un  $PO_2$  unido a un buen grupo saliente. y su carácter quiral.

Los órganos fosforados<sup>9</sup>, de forma genérica, no solamente los agentes militares, actúan sobre la serina de la enzima por ataque del par de electrones no enlazantes del aminoácido sobre el fósforo y la posterior salida de un grupo saliente del tóxico, en el sarín, por ejemplo sería el flúor, quedando el final como se muestra en la figura, con la consiguiente desactivación de la enzima. El primer efecto a nivel biológico es la acumulación de la acetilcolina en las terminaciones nerviosas del cuerpo. Esto se traduce en afecciones en las terminaciones bronquiales del aparato respiratorio, a las glándulas secretoras de jugos gástricos y parálisis de los músculos. (Domínguez Carmona, 2005) Las consecuencias de estas sustancias son mortales si no se suministra un antídoto a tiempo. El mecanismo completo de actuación de la acetilcolina en las transmisiones nerviosas, excede el propósito de este trabajo.

Los antídotos más adecuados son aquellos de efectos contrarios, por ejemplo la atropina o las oximas que actúan desplazando el órgano fosforado (Leuthart, 1962).

### Gases asfixiantes.

Se trata de sustancias que producen trastornos en el tejido pulmonar con aparición de edemas y destrucción del mismo. Su letalidad depende del tipo de agente, del tiempo de exposición, incluso del estado físico de la víctima. Existen muchos gases de este tipo como los órgano-halogenados, los óxidos de nitrógeno, etc., sin embargo, desde el punto de vista militar las más comunes son el cloro y el fosgeno, aunque hoy día están fuera de uso. Se trata de moléculas muy sencillas, que a temperatura y presión ambientales son gases, lo que facilita su dispersión pero también es causa de escasa persistencia.

<sup>9</sup> Hay bastantes referencias sobre investigaciones de mecanismos de actuación de organofosforados como plaguicidas, véase por ejemplo Domínguez Carmona 2005.

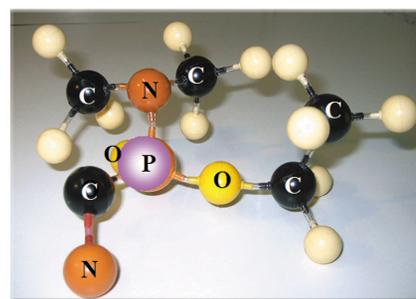


Figura 4. Modelo molecular del tabún

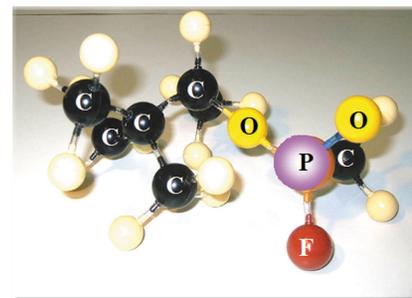


Figura 5. Modelo molecular del somán

Su mecanismo de actuación, aunque se ha estudiado a partir de sus propiedades químicas y de los efectos observados en las víctimas, no está demasiado claro, posiblemente intervenga también la alteración de la función enzimática. En la bibliografía propuesta (Sanz) se pueden ver algunos de los posibles mecanismos.

Otras sustancias se han probado como los gases paralizantes, que dejarían al soldado fuera de combate por un tiempo más o menos largo. Los EE UU llegaron a incluir municiones cargadas con el llamado agente BZ (3-quinuclidinil benzilato) una droga psicotrópica anticolinérgica, pero pronto se retiró por su escaso valor militar y porque provocaba una tendencia incontrolable a comportamiento maniaco.

Los sanguíneos, como el ácido cianhídrico no parece que tengan demasiada aplicación militar en campo abierto.

### Dispersión, seguridad y almacenamiento

Como se ha dicho antes deben dispersarse en la atmósfera, El modo de dispersión depende mucho de la naturaleza del agente, del terreno y de la meteorología. Los primeros ataques se realizaron simplemente esperando un viento favorable y destapando las bombonas. Después se utilizaron artefactos de lo más diverso.

Lo normal es que los agentes se dispersen en forma de aerosoles o nieblas. Los medios de dispersión suelen ser granadas de mortero o cañón o bombas de aviación en las cuales una carga explosiva actúa como dispersor. La carcasa del proyectil se fragmenta y actúa como metralla. Existen también cabezas de misil capaces de dispersar agentes neurotóxicos en zonas muy amplias,

## Armas Químicas

Tabla 2. Características de los agentes nerviosos (la mayor parte proceden de Domínguez Carmona, 2005 aunque se han contrastado con otros autores)

Nombre	Tabún (GA) (T-33)	Sarín (GB) (T-46) Agente 140 Sarina	Somán (GD) Agente 182	VX (V-gas) (gas F)
Año y descubridor	1936 Schrader	1937 Schrader, Ambros, Rudiger y van der Linde	1944 R Kuhn	Aprox 1951 Laboratorio de Porton Down.
Aspecto	Líquido incoloro a pardo, con vapor incoloro y ligero olor a frutas	Líquido incoloro con vapor incoloro	Líquido incoloro con vapor incoloro y ligero olor a alcanfor	Líquido color ámbar
Fórmula empírica	$C_5N_2PO_2H_{11}$	$C_4FPO_2H_{10}$	$C_7PO_2H_{16}$	$C_{12}NSPO_2H_{26}$
Nombre científico (Domínguez Carmona, 2005) Véase además Anexo 1	monodimetil-dimetilaminociano fosfato u Ortoetil N, N dimetilfosforamidocianuro o Etildimetilfosforamidocianidato o Dimetilamino-cianofosfato de etilo.	Ortoisopropilfosfonofluorhidrato ortoisopropil metil fósforo fluorhidrato o (1-metiletil metilfosfonofluoridato o Metilfluorofosfonato de isopropilo.	Orto-1,2,2-trimetil-propilfosfonofluorhidrato o Monopinacolil-metilfluorofosfato o Metilfluorofosfonato de pinacolina	Ortoetil S-2-diisopropil-aminoetil metil fosfonotiolato o Metil tiofosfotiolato de etilo y de S dimetilaminoetilo o de diisopropilaminoetilo o S-[2-(bis(1-metiletil)amino)etil]-O-etil metilfosfonotiolato
Masa molecular	162,12	140,10	182,2	267,4
Densidad a 25°C (g cm-3)	1,07	1,09	1,02	1,01
Punto de ebullición (°C)	230	158	198	158
Densidad del vapor (frente al aire)	5,63	4,86	6,33	9,2
Tensión de vapor a 20° ( torr)	0,037	2,1	0,4	0,007
Volatilidad a 25 °C (mg m-3)	610	27000	3000	10,5
DL 50 en piel (mg/kg)	14	$1,7 \cdot 10^{-3}$	5	0,03 a 0,14 según zona
LCT50 mgmin m <sup>-3</sup>	400	100	50	
Comentarios.	Barato y fácil de producir y manejar, aunque Schrader se intoxicó con él.	Muy tóxico y defectos acumulativos.	Se absorbe por inhalación y piel. Figura en el arsenal de guerra ruso.	Muy persistentes, se pegan al suelo y pueden actuar por contacto. Nunca empleado en guerra.

Tabla 3. Propiedades de los agentes asfixiantes.

	Cloro	Fosgeno	Difosgeno
Aspecto	Gas verdoso	Gas incoloro	Gas incoloro
Fórmula	$Cl_2$	$COCl_2$	$CICOCCl_3$
Masa molecular	70,91	98,9	197,9
Densidad a 20°C (g cm-3)	0,567 (líquido)	1,38	1,65
Punto de fusión (°C)	-100,98	-128	-57
Punto de ebullición (°C)	-34,05	7,6	127

Tabla 4. Propiedades de los cianógenos (Merino, 2005).

	Cianuro de hidrógeno. (AC)	Cloruro de cianógeno(CK)
Apariencia	Líquido o vapor incoloro	Gas incoloro muy irritante
Fórmula	$HCN$	$CICN$
Masa molecular	27,2	61,48
Densidad (kg m <sup>-3</sup> ) × 10 <sup>3</sup>	0,687 (10°C)	1,18 (20 °C)
Punto de fusión (°C)	-13,3	-6,9
Punto de ebullición (°C)	25,7	18,8
Tensión de vapor a 20°C (torr)	600	1,010
Volatilidad (mg m <sup>-3</sup> ) a 25°C	1.080.000	6.132.000

por ejemplo el FROG-7 podía transportar cargas de 216 kg de VX y el Scud-B de 555 kg. El misil americano típico era el cohete M-55 de 115 mm y propergol sólido, estabilizado por aletas. También se puede dotar helicópteros de asalto de pulverizadores, lo que requiere que el vehículo se equie con filtros NBQ. Incluso existen dispositivos con submuniciones (proyectiles para el Honest John) o la bomba de aviación M-34 de 1000 lb (aprox 450 kg) propiamente un contenedor de 108 bombitas de 4 lb (1,8 kg) cargadas con sarín. Es posible también el empleo de minas terrestres cargadas con gas.

Aunque nunca se utilizó de forma oficial el arma química contra la población civil, en los años 70 se realizaron estudios sobre los efectos que sobre las ciudades europeas podía producir un ataque masivo de tipo químico. Las bajas se cifraban en millones sobre zonas especialmente vulnerables, como Hamburgo o Lubeck (Masselson, 1980).

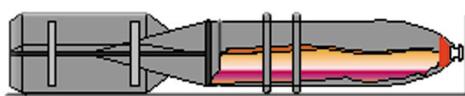


Figura 6. Esquema de una antigua bomba química rusa KhAB de 200 kg

El almacenamiento y transporte de este tipo de armas es un tema a tener en cuenta ya que siempre son posibles escapes por accidente o corrosión de la carcasa. Una mecanismo de seguridad es llevar los reactivos separados de modo que se juntan en el momento del ataque y por reacción química producen el agente, esto ocurre en las cargas binarias. (Fig 8)

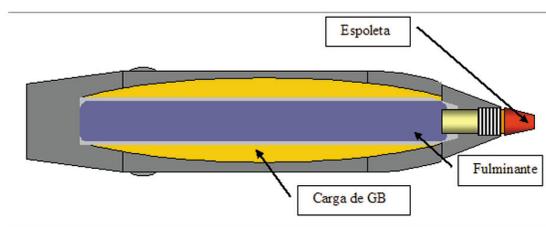


Figura 7. Carga sencilla: El proyectil de 155 mm contiene el gas GB que se dispersa por explosión del fulminante. La cabeza de M-55 era semejante.

### Precursores

Como se ha dicho más arriba, muchas sustancias de uso común en la industria química, pueden ser base de producción de agentes de guerra química. A estas sustancias se las conoce como precursores. En la tabla se relacionan algunos de estos precursores.

El almacenamiento y circulación de productos de doble uso civil-militar hasta hace algún tiempo no estaba sometido a restricción alguna, sin embargo la comunidad internacional de modo voluntario a través de diferentes actuaciones, como la Convención para la Guerra Química de 1993 (Croddy, 202, OPAQ) establecen limitaciones y normativa al respecto.

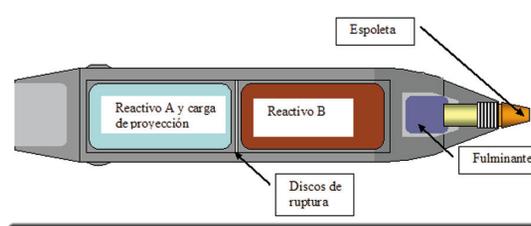


Figura 8. Carga binaria: Los reactivos se transportan por separado y se introducen en el proyectil antes de dispararlo. En el disparo se fracturan los discos de ruptura, se produce la mezcla y la reacción química origina el agente nervioso que se dispersa al detonar el fulminante. Aunque en principio el proyectil transporta más agente que el proyectil sencillo, en realidad los efectos son menores porque el rendimiento de la reacción no supera el 70%. En la reacción se produce como subproducto, ácido fluorhídrico. (Messelson 1980, Caiti 1991, Croddy 2003)) Los nombres de las sustancias químicas se omiten por seguridad.

Tabla 5. Algunos precursores de doble uso. (Croddy, 2001).

Compuesto	Uso civil	Uso militar
Tiodiglicol	Plásticos, tintes para tejidos, tintas	Gas mostaza
Tricloruro de fósforo	Plastificantes, Insecticidas	Agentes G
Cianuro de sodio	Tintes y pigmento, endurecedor de metales	Agentes GA, AC, CK
Difluoruro de metilfosfonio	Diversas síntesis orgánicas	Agentes VX, GB, GD
Pentasulfuro de difósforo	Lubricantes y pesticidas	Agente VX

### Defensa y descontaminación

La defensa como se ha dicho antes empieza por una detección del ataque, especialmente contra gases nerviosos en los que la contaminación puede ser indetectable por los sentidos humanos. Un aparato por ejemplo que se diseñó en Gran Bretaña hace unos 20 años detecta la presencia de estos agentes midiendo el voltaje de una célula electroquímica en la cual la colinesterasa covalentemente inmovilizada es irrigada por una solución de butiriltiocolina de forma continuada. El gas nervioso presente en la atmósfera contaminada producirá la inhibición de la enzima, formándose una gota al nivel de la tiocolina que dispara la alarma. Es muy pesado. Hoy día se ha mejorado mucho la tecnología (Fig. 10)

La mejor defensa es la pasiva, tanto en vehículos, con dispositivos diversos, como la creación de una sobre presión interior, como en personal, en este caso máscara respiratoria y uniforme protector<sup>10</sup> puesto que muchos agentes actúan a través de la piel, pero cuando falla puede recurrirse a antídotos como la atropina. El ejército de EE UU utiliza el agente TAB, mezcla de trimedoxima, atropina y benactizina. Es eficaz si el paciente ha recibido dosis bajas o medias y se aplica rápidamente. En casos más severos una respiración

## Armas Químicas



Figura 9. Detectores de gases en los que se combinan modernas tecnologías que permiten diferenciar la contaminación por gases de contaminantes de fondo. El de la izquierda es poco mayor que un paquete de tabaco.



Figura 10. Combatiente de la I G.M, protegido, así como su cabalgadura con máscara antigás.



Figura 11. Futuro combatiente del Ejército Español. Se complementa con mono y capucha aunque según informe oral al autor, el uniforme estándar está pensado para proporcionar una cierta protección pasiva NBQ

artificial intensa combinada con antagonistas puede dar resultado. La profilaxis con ingesta de antagonistas cuando se prevé una exposición, no parece muy eficaz. (Matsumoto, 2004; Messelson, 1980). Contra los vesicantes suelen utilizarse tratamientos sintomáticos como cremas hidratantes, sobre las partes dañadas.

El tercer paso después del ataque es la descontaminación que debe afectar a los propios equipos militares, uniformes, armamento, vehículos y al propio terreno. Parecen ser muy eficaces los agentes oxidantes, algunos tan simples como los polvos de blanquear (Ca (ClO)<sub>2</sub>) y uno de los más rápido y eficaz es el vapor de agua a alta presión, como el dispositivo alemán HDS-1200BK.

<sup>10</sup> Las características estructurales y químicas de este tipo de prendas en las que se intenta la máxima protección pero con una comodidad aceptable salen de los objetivos de este trabajo.

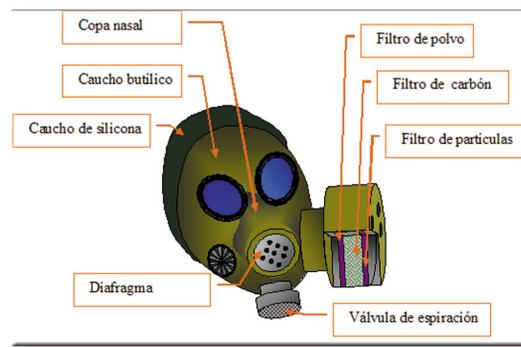


Figura 12. Esquema de una máscara antigás moderna. El filtro de partículas, construido con fibras naturales o s nticas retiene partículas de hasta 0,3 m. El filtro de carbón es carbón vegetal impregnado de óxido de cobre con sales de plata y cinc. Detienen vapores de sar n además el carbón absorbe algunos contaminantes y otros son adsorbidos, los impregnantes neutralizan químicamente otros agentes. El tercer filtro detiene el polvo de carbón. Se espira por la válvula y el diafragma actúa como transmisor de voz. La copa nasal hace que el aire circule por ella y evita que se empa en los cristales de visión. La máscara se fija con sendas correas elásticas y se completa con capucha y mono impermeables. El aire al pasar el filtro sufre una pérdida de carga de ahí que la respiración con la máscara sea fatigosa.

## Destrucción del armamento

Por obsolescencia o como consecuencia de tratados internacionales el armamento químico en algún momento debe ser eliminado.

Las primeras técnicas de eliminación de excedente de armamento químico eran muy poco seguras. Así al final de la II Guerra Mundial los aliados hundieron unas 250.000 t de armamento alemán en aguas del Báltico y de semejante modo se actuó con el armamento japonés esta vez en las costas niponas. (Croddy, 2001). Los propios alemanes antes de acabar la guerra hab n hundido cerca de 69.000 proyectiles de artillería cargados de tab n. en los estrechos de Dinamarca, a unos 30 m de profundidad, en 1960 los recuperaron y los hundieron en aguas más profundas del golfo de Vizcaya.

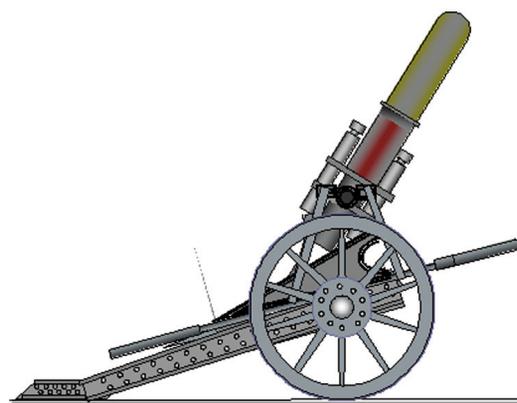


Figura 13. Lanzagranadas alemán de la I G.M. cargado con bomba de gas.

Hoy día, sobre todo después de las convenciones de 1993–97, se recurre a métodos más seguros y respetuosos con el medio. Por ejemplo en EE.UU. la destrucción del armamento químico implica tres etapas, con un alto grado de automatización.

- Separación de los agentes de la munición: cohete, bomba o proyectil.
- Los agentes en estado líquido se recogen en tanques de almacenamiento y se incineran en hornos a unos 1500 °C. Los gases que se producen se reprocesan. El agente químico queda neutralizado.
- Las arma químicas se descontaminan por completo y los cohetes, bombas y proyectiles se desguazan.

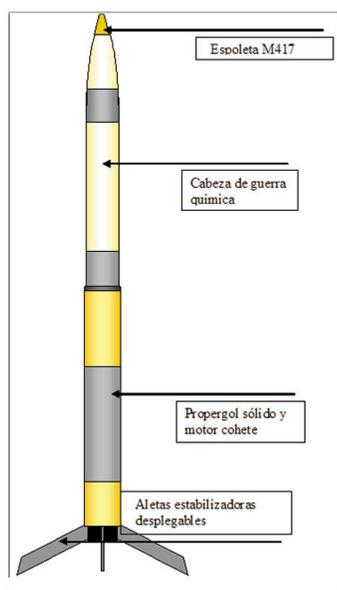


Figura 14. Esquema del cohete de 115 mm M-55. La longitud total del ingenio es de unos 198 cm. Se transporta en un cilindro de aluminio. (Todos los dibujos del autor)

## Referencias:

- Caiti Pierangelo.(1991) **Las Armas Químicas: Pasado y Presente**. Tecnología militar. Año 13 n 1. Págs 12–18.
- Cole, Leonard A **Armas biológicas** (1997). Revista Investigación y Ciencia: 245 - Feb. 1997.
- Domínguez Carmona, M. y Domínguez de la Calle, M. (2005) **Los agresivos organofosforados**.- Monografías de la real academia de farmacia Monografía nº XVI.
- Eric Croddy, Clarisa Perez-Armendariz, John Hart (2001) **Chemical and Biological Warfare: A Comprehensive Survey for the Concerned Citizen**. Springer.
- Jiménez Gómez, S. (2005) **Agresivos químicos**.- Monografías de la real academia de farmacia Monografía nº XVI.
- Jozef Goldblat (1997) **Convención sobre las armas biológicas** - Consideraciones generales Revista Internacional de la Cruz Roja No 141, pp. 263–2791 mayo 1997.
- Leuthard, F., Edlbacher, S. (1962) **Tratado de Química Fisológica**. Aguilar. Madrid.
- Llinás Rodolfo R. **Calcio y Transmisión Sináptica**. Investigación y ciencia . N 75 Dic 1992 Págs. 20–31.
- Manrique, José María (2002) **La Fabricación y uso de Gases de Guerra en España**. Revista Defensa. nº 296. Pág. 63–68.
- Manrique, José María (2003) **Antes que Sadam**. Quirón Ediciones.
- Matsumoto (2004) **Vaccine A: The Covert Government Experiment That's Killing Our Soldiers--And Why GI's Are Only The First Victims**. Basic Books.
- Merino, Armando. (2005) **Agresivos bloqueantes de la cadena respiratoria**.- Monografías de la real academia de farmacia Monografía nº XVI.
- Messelson, Matthew y Robinson, Julian P.(1980) **Guerra química: rearme o desarme**. Investigación y Ciencia: 45 - JUNIO 1980.
- U.S. Government (2001) **21st Century Complete Guide to Bioterrorism, Biological and Chemical Weapons, Germs and Germ Warfare, Nuclear and Radiation Terrorism - Military Manuals and Federal Documents with Practical Emergency Plans, Protective Measures, Medical Treatment and Survival Information**. Progressive Management (September, 2001).

**Páginas WEB** (Aunque existen muchas páginas relacionadas, muchas de ellas contienen una información a juicio del autor, muy poco fiable, se han seleccionado pues, algunas con contenidos verificados científicamente).

- <http://www.guerraquimica.tripod.com> Manuel Sanz, Álvaro Sebastián. **Agentes De Guerra Química**.
- <http://www.sis.nlm.nih.gov/Tox/ChemWar.html> (Abundante información medica y muy buenos enlaces).
- [www.nbc-med.org/SiteContent/HomePage/WhatsNew/MedAspects/contents.html](http://www.nbc-med.org/SiteContent/HomePage/WhatsNew/MedAspects/contents.html) (Base de datos muy completa).
- <http://www.opcw.org/> Página Web de la organización para la prohibición de armas químicas. Contiene abundante información y documentación especialmente referida al control y eliminación de las armas químicas. Se presenta en varios idiomas, entre ellos el español aunque algunos documentos técnicos vienen sólo en inglés.
- <http://www.tecnociencia.es/especiales/guerraquimica/amasquim.htm> Página española Muy documentada con apartados especiales para la legislación actual de nuestro país y con abundantes enlaces. Está patrocinada por el CSIC y FECYT.
- <http://proceedings.ndia.org/430B/Wakefield.pdf> Centros norteamericanos de desmantelamiento de armamento químico.
- <http://www.stimson.org/cbw/pdf/chemdemilguide.pdf> Un documentado trabajo sobre el desmantelamiento de la reserva norteamericana de armamento químico (Formato PDF).
- [http://kyem.dma.ky.gov/csepp/aegl\\_sep04.ppt#1](http://kyem.dma.ky.gov/csepp/aegl_sep04.ppt#1) presentación en Power Point sobre dosis y letalidad.