



RINCÓN DE LA HISTORIA

Guerra química en la I y II Guerras Mundiales

Chemical warfare in World War I and II

Ignacio Jáuregui-Lobera

Instituto de Ciencias de la Conducta y Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: ijl@tcasevilla.com (Ignacio Jáuregui-Lobera).

Recibido el 11 de noviembre de 2019; aceptado el 19 de diciembre de 2019.

Cómo citar este artículo:

Jáuregui-Lobera I. Guerra química en la I y II Guerras Mundiales. JONNPR. 2020;5(2):218-35. DOI: 10.19230/jonnpr.3388

How to cite this paper:

Jáuregui-Lobera I. Chemical warfare in World War I and II. JONNPR. 2020;5(2):218-35. DOI: 10.19230/jonnpr.3388



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License
La revista no cobra tasas por el envío de trabajos, ni tampoco cuotas por la publicación de sus artículos.

Resumen

El objetivo de la presente revisión es analizar el uso de la guerra química durante las dos grandes guerras mundiales del siglo XX. La revisión de la literatura actual permitirá también conocer si las razones de su uso persisten en la actualidad, qué nivel de desarrollo han alcanzado las armas químicas y si existe potencial científico-técnico para incrementar dicho desarrollo. Para la elaboración del trabajo se llevó a cabo, en primer lugar, un procedimiento de búsqueda de artículos científicos y, en segundo lugar, se establecieron unas áreas temáticas para plasmar los resultados de dicha búsqueda (agentes químicos empleados, armas químicas utilizadas, efectos generales de los agentes químicos, riesgo químico y la posible defensa contra el ataque químico). El mal uso de la ciencia química ha dado lugar a estos tristes acontecimientos (la preparación y uso de armas químicas). Pero sería necesario contraponer otros muchos aspectos como los medicamentos, insecticidas, herbicidas, conservantes, desinfectantes, y otros, en los cuales la química ha sido la solución a complejos problemas que garantizan una importante mejora de las condiciones de vida. Como siempre, no es la química la culpable realmente; son dilemas éticos y sociológicos, mezclados con los dirigentes políticos, los que hacen que una ciencia sea utilizada de una forma responsable para bien de la humanidad o, todo lo contrario, que se utilicen los conocimientos como arma destructiva.



Palabras clave

Guerra química; armas químicas; guerras mundiales; lesiones por armas químicas; defensa química; terrorismo

Abstract

The objective of this review is to analyze the use of chemical warfare during the two great World Wars of the twentieth century. The review of the current literature will also allow to know if the reasons for its use persist at present, what level of development chemical weapons have reached and if there is a scientific and technical potential to increase this development. First of all, a searching procedure for scientific articles was carried out, and, secondly, thematic areas were established in order to expose the results (chemical agents, chemical weapons, general effects of chemical agents, chemical risk and possible defense against chemical attack). The misuse of chemical science has given rise to these painful events (the preparation and use of chemical weapons). But it would be necessary to consider many other aspects such as medicines, insecticides, herbicides, preservatives, disinfectants, and others, in which chemistry has been the solution to complex problems that guarantee a significant improvement in living conditions. Once again, chemistry is not really to blame; they are ethical and sociological dilemmas, mixed with political leaders, that make a science to be used in a responsible way for the good of humanity or, on the contrary, as a destructive weapon.

Keywords

Chemical warfare; chemical weapons; world wars; injuries due to chemical weapons; chemical defense; terrorism

INTRODUCCIÓN

La guerra química se enmarca en el concepto de armas de destrucción masiva, el cual hace referencia a los llamados agentes NBQ (nucleares, biológicos y químicos). Si bien los ataques con armas químicas han sido llevados a cabo en el contexto de guerras regulares, actualmente los agentes NBQ constituyen, ante todo, un peligro de ataque terrorista. Aunque se ha sugerido ampliar el término, usando la denominación NBQR, por la existencia de posibles armas radiológicas (uso de radionúclidos contaminantes con un explosivo convencional), lo cierto es que, de forma habitual, se sigue hablando de NBQ ⁽¹⁾.

El uso de sustancias tóxicas como armas tiene una larga historia de varios miles de años. Se ha asociado con los métodos tradicionales de caza, incluido el uso de armas envenenadas (flechas, lanzas), el envenenamiento del agua (abrevaderos, pesca) o la fumigación de animales con productos tóxicos de combustión. Todas estas formas de caza,



utilizando sustancias tóxicas, también aparecieron en el combate y luego se desarrollaron particularmente en las guerras antiguas, si bien, han persistido hasta el presente ⁽²⁾.

El debut de la guerra química o, mejor, su puesta de largo, se produce durante la I Guerra Mundial. No obstante, no está claro quien fue el primero en usar esta forma de agresión. Para algunos fueron los rusos con la cloropicrina ⁽³⁾, para otros fueron los alemanes en 1914, en Bolimow, con gas T (xylyl and benzyl bromides) ⁽⁴⁾. Como señala Villalonga ⁽¹⁾, antes puede hablarse de una prehistoria química. Los primeros datos de utilización se enmarcan en las crónicas de Alejandro Magno (se hace referencia al uso de cal viva con azufre y cenizas para producir un polvo tóxico respiratorio e irritante de la piel); en la guerra del Peloponeso (Atenas contra Esparta), hacia el año 423 a.C., cuando los espartanos intentaban conquistar una fortaleza ateniense, se utilizaron humos irritantes y azufre; hacia el siglo VII se usaba el llamado “fuego griego” (resina, azufre y petróleo), de acción por calor y por tanto más arma física que química; en el siglo XIII, Hassan al-Ramnah inventó lo que se ha venido en denominar como “primer torpedo” y que definió como “un huevo que se mueve por sí mismo y quema” -hecho con dos hojas metálicas rellenas de nafta, limaduras de metal y salitre, se movía por la superficie del agua impulsado con un cohete y mantenido en su curso por un pequeño timón- ^(5,6); ya en el siglo XV se usaron productos cáusticos-irritantes en la batalla naval de Ponza (genoveses contra aragoneses) y en batallas contra los turcos; en los siglos XV y XVI los venecianos emplearon venenos introducidos en municiones de morteros; en el siglo XVII, comenzó a usarse la artillería química (en 1640, Glanber propuso el empleo de granadas fumígenas y proyectiles conteniendo trementina y ácido nítrico); finalmente, en Sévres, en 1830, se fabricó el primer proyectil de artillería de cañón conteniendo agresivos químicos -ingenio atribuido al farmacéutico francés Lefortier- ⁽¹⁾. En la Guerra de Crimea (1853-1856) se intentó la toma de Sebastopol usando dióxido de azufre y proyectiles con tetrametildarsina, y en la Guerra Civil Norteamericana se propuso el uso de proyectiles con cloro, ácido cianhídrico, compuestos de arsénico y materiales procedentes de plantas venenosas, como capsaicina, veratrum, etc. ⁽²⁾.

El objetivo de la presente revisión es analizar el uso de la guerra química durante las dos grandes guerras mundiales del siglo XX. La revisión de la literatura actual permitirá también conocer si las razones de su uso persisten en la actualidad, qué nivel de desarrollo han alcanzado las armas químicas y si existe potencial científico-técnico para incrementar dicho desarrollo.



MÉTODO

Para la elaboración de este trabajo se llevó a cabo, en primer lugar, un procedimiento de búsqueda de artículos científicos y, en segundo lugar, se establecieron unas áreas temáticas para plasmar los resultados de dicha búsqueda.

Procedimiento de búsqueda

Tratando de obtener artículos publicados en revistas sometidas a revisión por pares, se decidió hacer la búsqueda en la relevante base de datos electrónica *Medline*. La estrategia general de búsqueda incluyó términos relacionados con “guerra química”, “armas químicas”, “I Guerra Mundial” y “II Guerra Mundial”. Usando los *Medical Subjects Headings* (MESH) para la selección de términos, se aplicaron los operadores Booleanos *AND/OR*. Los términos compartidos utilizados fueron: ((Chemical weapons) AND (I World War)), ((Chemical weapons) AND (II World War)), ((Chemical war) AND (I World War)), ((Chemical war) AND (II World War)), ((Chemical warfare) AND (I World War)), ((Chemical warfare) AND (II World War)).

Se llevó a cabo una búsqueda adicional a través de referencias incluidas en los artículos encontrados, así como en otros artículos y manuales publicados. La búsqueda se centró en un filtro de fechas que abarcaba desde el 28 de julio de 1914 hasta el 31 de mayo de 2019 (para artículos sobre la I Guerra Mundial) y desde el 01 de septiembre de 1939 hasta el 31 de mayo de 2019 (para artículos sobre la II Guerra Mundial), considerando las fechas de inicio de ambas contiendas.

Para el análisis se seleccionaron artículos que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: a) hicieran referencia expresa a los términos establecidos; b) se ajustaran a las fechas de publicación antes mencionadas; c) fueran de “acceso libre” (*free full text*); d) se tratara de textos en inglés; y e) los estudios se hubieran realizado en humanos. De este modo, con respecto a la I Guerra Mundial, se obtuvieron un total de 27 artículos, de los que fueron excluidos 16 (1 artículo sobre terrorismo, 3 sobre la II Guerra Mundial, 3 estudios en animales, 4 en otros idiomas -no español ni inglés-, 2 sobre otras guerras, 1 estudio *in vitro*, 1 estudio de contenido meramente químico y 1 caso clínico). Figura 1.



- Base de datos consultada: PubMed**
Criterios de búsqueda:
- **Términos:** Chemical weapons AND I World War
 - **Fecha:** From 1914/07/28 to 2019/05/31
 - **Acceso:** Free full text
 - **Idiomas:** Inglés
 - **Participantes:** Humanos



Figura 1. Artículos sobre I Guerra Mundial incluidos/excluidos del trabajo
Figura 1. Artículos incluidos/excluidos en este trabajo (I Guerra Mundial)

Con respecto a la II Guerra Mundial, se usaron idénticos criterios de selección, obteniéndose un total de 13 artículos, con 9 exclusiones (1 artículo repetido, 1 sobre terrorismo, 2 estudios en animales, 1 sobre otras guerras, 3 en otros idiomas -no inglés ni español- y 1 estudio *in vitro*). Figura 2.

De este modo, este trabajo se basa en el análisis de 15 artículos publicados en revistas con revisión por pares indexados en *Medline*, junto con otros trabajos de otras publicaciones y textos sobre el tema objeto de estudio. Del total de 40 artículos encontrados sobre la base de los términos de búsqueda, 25 tuvieron que ser excluidos por las razones antes expuestas. Se dio prioridad a la búsqueda en una base de datos de uso habitual en medicina al ser las consecuencias del uso de armas químicas lo más reiteradamente plasmado en la literatura mundial en lo que respecta al uso conocido del arma química (otra cosa son los estudios centrados en el potencial uso tanto bélico como con finalidad terrorista que se alejan del objeto de este trabajo), especialmente a partir de las dos grandes guerras mundiales.



Figura 2. Artículos incluidos/excluidos en este trabajo (II Guerra Mundial)

Áreas temáticas

Tras la revisión de los artículos seleccionados, siguiendo los seis pasos que figuran en la recomendación de Braun y Clarke ⁽⁷⁾ para el análisis temático (familiarización con los datos de los artículos, codificaciones, búsqueda por temas, revisión de los temas, definición-denominación final de dichos temas y exposición), se consideraron las siguientes temáticas a analizar, tanto con relación a la I Guerra Mundial como en lo que respecta a la II Guerra Mundial.

- Agentes químicos empleados
- Armas químicas utilizadas
- Efectos generales de los agentes químicos
- Riesgo químico
- ¿Es posible la defensa contra el ataque químico?

RESULTADOS

A lo largo de la exposición de resultados, se hablará de armas químicas y agentes químicos. El *arma química* es la que recurre a las propiedades tóxicas de determinados productos químicos que producen alteraciones en la fisiología de los seres vivos. El producto químico tóxico es el denominado *agente químico* que, junto con el sistema de lanzamiento y dispersión, constituyen el arma química. Por otra parte, los medios de dispersión pueden ser muy variados y se distinguen los de posible uso terrorista (pueden utilizar cualquier medio de



dispersión) y los de uso militar -bombonas a presión, dispersión desde depósitos de aeronaves, bombas de aviación, munición de artillería y munición de mortero- ⁽¹⁾.

Se ha dicho que con el inicio de la **I Guerra Mundial** el mundo cambió para siempre ⁽⁸⁾. Un total de seis grandes imperios conformaban el rompecabezas que daría lugar a ese gran conflicto. Reino Unido (Rey Jorge V), Francia (Presidente Raymond Poincaré), Rusia (Zar Nicolás II), Imperio Germánico (Kaiser Guillermo II), Imperio Austro-Húngaro (Emperador Francisco José I) e Imperio Otomano (Sultán Mehmed V). El heredero al trono austro-húngaro, Archiduque Francisco Fernando, y su esposa, Sofía, fueron asesinados en Sarajevo el 28 de junio de 1914. Como un dominó, ese asesinato acabaría llevando a la muerte a unos 15 millones de personas. El Imperio Austro-Húngaro, se alió con Alemania y declaró la guerra a Serbia, lo que hizo entrar en el conflicto a Rusia. A la par, Alemania atacaba Francia y avanzaba hacia la neutral Bélgica, lo que llevó a Reino Unido a declarar la guerra a Francia. Así, el 4 de agosto de 1914 marcaba el inicio "oficial" de la gran guerra, comenzada, de hecho, a finales de julio. Sería el 22 de abril de 1915 cuando se produciría el primer ataque químico.

Agentes y armas utilizados en la I Guerra Mundial

Iniciadas las hostilidades, Francia y Reino Unido "pensaron" en las armas químicas. En la invasión alemana de Francia y Bélgica, los franceses usaron granadas de **etil-bromoacetato**, sin gran eficacia. Sin embargo, los franceses siguieron diseñando agentes lacrimógenos. En la misma línea, en enero de 1915, químicos británicos presentaron otro agente lacrimógeno, el etil-yodo-acetato. Además, se sugirió emplear dióxido de azufre, pero Churchill no aceptó la idea.

En el frente occidental, aconsejados por el físico-químico Walther Nerst, los alemanes usaron (cerca de Neuve-Chapelle) por primera vez, el 27 de octubre de 1914, unos 3.000 proyectiles de 105 mm con **cloro-sulfato de dianisida**, un irritante pulmonar, que camuflaron tanto con el explosivo que los británicos no tuvieron apenas conciencia del ataque químico. En noviembre de 1914, el Dr. Hans von Tappen, del Departamento de Artillería Pesada alemán, diseñó proyectiles de 150 mm rellenos con algo más de 3 Kg de **bromuro de xililo**, en este caso para el frente oriental. Lanzaron más de 18.000 de esos proyectiles contra los rusos, cerca de Bolimov. El general invierno se puso del lado ruso, ya que el frío impidió la adecuada vaporización del gas. Los alemanes usaron lo mismo en el frente occidental, en Nieuport, en marzo de 1915 con escaso éxito. Había que mejorar.

Fritz Haber, judío alemán, era conocido antes de 1914 por sus trabajos de extracción de nitrógeno atmosférico para convertirlo en amonio, lo que permitía producir en masa fertilizantes y explosivos. Su fervor patriótico le llevó a ofrecer su trabajo para "eliminar gran número de



enemigos” o “forzarlos a salir de las trincheras”. El Alto mando alemán cayó, inicialmente, en un dilema moral. Además, ello iba en contra de la Declaración de la Haya contra el uso de gases asfixiantes (1899) y la Convención de la Haya (1907) que Alemania había suscrito. Clara, química y esposa de Haber, también estaba en contra de dicha “perversión de la ciencia” ^(8,9). La desesperación alemana al luchar en varios frentes inclinó la balanza. Haber buscó un gas “letal” y se decantó por el **cloro**. Varias razones le llevaron a ello: a) su densidad, 2,5 veces mayor que la del aire, permite que esté bien pegado al suelo, entrar en trincheras, agujeros y bunkers; b) se dispersa en un tiempo breve, lo que permite al atacante asaltar rápidamente la zona gaseada. Como todo no podían ser ventajas, el cloro tenía un inconveniente, su color que le hace fácilmente visible. Se siguió adelante y a partir del 10 de marzo de 1915, en Langemark-Poelkapelle, cerca de las ruinas de Ypres (Bélgica), los alemanes fueron acumulando cilindros de cloro líquido a presión. Para abril de 1915, eran unos 5.700 cilindros y esperaron un viento favorable. Al salir de los cilindros el cloro pasaría a estado gaseoso. Por consejo de Haber, los alemanes disponían de máscaras de oxígeno (usadas en la minería) y pequeños pañuelos cubiertos con tiosulfato sódico. Hacia las 17 horas del 22 de abril, unas 160 Tm de cloro gas se dispersaron durante 10 minutos y avanzaron lentamente hacia los asentamientos de tropas francesas y franco-argelinas. Lo que vieron los atacados fue fantasmagórico: una columna de humo verdoso, de 1-2 m de altura, flotando cada vez más cerca de ellos. Veían y olían. El olor era como de una mezcla de “pimienta con piña” que, poco después, les hacía difícil respirar, les provocaba tos y sofocación hasta entrar en shock. Mucho soldados murieron literalmente en el gas. En unos pocos minutos, 800-1.400 soldados murieron y resultaron graves unos 4.000. Miles de ellos salieron corriendo dejando una zona de unos 7 Km abandonada, tal como Haber había previsto. El 24 de abril repitieron el ataque con cloro, y otras cuatro veces en mayo. Los alemanes atacaron e hicieron unos 1.800 prisioneros gaseados. Se exageró el resultado (propaganda), Haber fue considerado un héroe y Clara, su esposa, se pegó un tiro en la cabeza el 2 de mayo. El duelo de Haber consistió, la mañana siguiente a la muerte de su esposa, en preparar el uso del gas en el frente ruso ⁽¹⁰⁾.

Británicos y franceses comenzaron a diseñar su venganza química: a) protección para las tropas; b) desarrollar gases tóxicos; y c) dispersar dichos gases sobre el enemigo. Así, en septiembre atacaron con gas cloro a los alemanes en Loos. La escalada ataque-protección estaba servida. En septiembre de 2015, los ingleses lanzaron una **mezcla de cloro, fosgeno y cloropicrina** contra los alemanes ^(1,8).

Esa escalada encontró un cambio de ritmo alemán con la aparición del **fosgeno** y en mayo de 1916 usaron por vez primera el **difosgeno** (más persistente y de más fácil manejo



que el fosgeno). Dos meses después, los franceses utilizaban **cianuro de hidrógeno** (llamado **vincenita** por su primer uso en Vincennes) y algo más tarde **cloruro de cianógeno**. En julio de 1917, los alemanes, tratando de llegar a las partes del cuerpo no protegidas con máscaras, lanzaron los primeros ataques con el agente vesicante **mostaza** (el “rey de los gases de guerra”). A fin de evitar la defensa, ambos bandos comenzaron a usar mezclas de agentes y a vehicularlos en materiales camuflados. Ese año los ingleses usaron por primera vez lanzadores de gases. Una de esa mezclas fue la llamada “rompe-máscaras” a base de fosgeno, difosgeno y **difenilcloroarsina**. Este último componente, estornutógeno, impedía el uso de la máscara.

El llamado gas mostaza por los ingleses (por su olor) era un nuevo agresivo, la iperita o sulfuro de dicloroetilo. Los alemanes lo denominaron “senfgas” o “lost” y llegaron a producir 300 Tm al mes ⁽¹¹⁾. El último agresivo en la I Guerra Mundial fue la **lewisita** (“el rocío de la muerte”), desarrollado por el capitán de artillería de EEUU, Winford Lee Lewis (de ahí su nombre), pero no llegó a emplearse por la firma del Armisticio en el momento en que llegaron los primeros proyectiles al teatro de operaciones.

Efectos de los agentes

Los agentes más destacados de uso en la I Guerra Mundial fueron cloro, fosgeno y gas mostaza. En la Tabla 1 se resumen los datos de mayor interés. Los agentes químicos causaron terror a los soldados en la I Guerra Mundial y añadieron miseria y malestar a la vida de las trincheras. Aunque el gas mostaza fue especialmente temido, los gases venenosos tan sólo causaron el 3% de fallecimientos (91.000 hombres) y el 10% de bajas (cerca de 1,3 millones). La mayoría de las víctimas mortales fueron soldados rusos (unos 56.000), escasamente protegidos. En la parte británica, causaron 1% de las muertes (del total de 750.000 soldados muertos) y unas 180.000 bajas para el combate ⁽¹²⁾.



Tabla 1. Agentes químicos en la I Guerra Mundial

	Cloro	Fosgeno	Gas mostaza
Tipo fisiológico	Pulmonar	Pulmonar	Vesicante
Tipo táctico	Causar víctimas	Causar víctimas	Causar víctimas
Densidad (respecto al aire)	2,5	3,5	5,5
Persistencia en el aire	5-10 minutos	10-20 minutos	24 h.-semanas
Concentración letal (mg/l)	2,5-5,6	0,36-0,50	0,07-0,15
Olor	Penetrante, picante	Heno recién cortado	Ajo, rábano
Neutralización	Alcalinos	Vapor agua, alcalinos	Soluciones lejía
Acción	Respiratoria alta	Respiratoria profunda	Vesicante
Protección	Máscara, absorbentes	Máscara, absorbentes	Máscara, ropas

Adaptada de: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare, ed. Frederick R. Sidell, Ernest T. Takafuji, and David R. Franz (Washington, DC: Office of the Surgeon General; 1997)⁽¹³⁾

A pesar de la producción de más de 124.000 Tm de gas y unos 60 millones de proyectiles, estas armas no lograron romper el frente de guerra. Las medidas de protección adoptadas (máscaras principalmente) fueron razonablemente efectivas y el 70% de las víctimas de los ataques se reintegraron a sus puestos en unas seis semanas⁽¹⁰⁾.

El inicio de la **II Guerra Mundial** en 1939 y el rápido colapso de Francia en la primavera de 1940 estimuló un importante aumento en la tasa de rearme estadounidense. Aunque no hubo un gran uso de sustancias químicas y biológicas, rumores y denuncias de incidentes de guerra química y biológica atrajeron la atención de los oficiales de inteligencia. Aunque muchos de los productos químicos y biológicos de Alemania y Japón en programas de armas no se dieron a conocer hasta después de la guerra, la amenaza real era impresionante⁽¹⁴⁾.

Agentes y armas utilizados en la II Guerra Mundial

Se sabe que, durante la guerra, Alemania produjo aproximadamente 78.000 Tm de agentes de guerra química. Esta incluyó unas 12.000 TM del agente nervioso **Tabun**, producido entre 1942 y 1945. Alemania también produjo cerca de 500 kg de **Sarín** en 1945. Las armas para el uso de estos agentes nerviosos fueron los proyectiles de 105 mm y 150 mm, bombas de 250 Kg y cohetes de 150 mm., los cuales contenían más de 3 Kg de agente y



tenían un rango de alrededor de 5 millas cuando se disparaban desde el lanzador Nebelwerfer de seis cañones. El **gas mostaza**, sin embargo, siguió siendo el agente más importante en términos de producción, y los alemanes llenaron proyectiles de artillería, bombas, cohetes y tanques de aspersión con dicho agente. El **fosgeno**, de menor importancia, fue cargado en bombas de 250 y 500 Kg. Los alemanes fueron los mayores productores de **mostazas nitrogenadas**, produciendo unas 2.000 toneladas de **HN-3** para rellenar proyectiles de artillería y cohetes. Ellos también tuvieron gran cantidad de municiones capturadas a franceses, polacos, rusos y húngaros principalmente durante las ocupaciones.

Japón produjo alrededor de 8.000 Tm de agentes químicos durante la guerra. Los japoneses cargaron **gas mostaza, una mezcla de mostaza-lewisita y fosgeno** en proyectiles y bombas, y adquirieron experiencia en su uso durante sus ataques a China. Ellos también rellenaron con **cianuro de hidrógeno** proyectiles de mortero y artillería, así como granadas.

A la vista de todo esto, Estados Unidos se puso a trabajar en el tema y produjo unas 146.000 Tm de agentes químicos entre 1940-1945: unas 20.000 Tm de fosgeno, 87.000 Tm de gas mostaza, 20.000 Tm de lewisita, 12.500 Tm de **cloruro de cianógeno**, 560 Tm de ácido cianhídrico, unas 100 Tm de mostazas nitrogenadas y algún otro en menor cantidad. Todo ello en bombas de mortero, artillería (cañones de 75, 105 y 155 mm), cohetes y bombas para la fuerza aérea (por ejemplo, con 500 y 1.000 libras de fosgeno o 750 libras de agente mostaza). Y todo acompañado de medidas de protección, máscaras y trajes, así como con programas de protección para población civil por primera vez ⁽¹⁵⁾. Del total de armas usadas en esta guerra, 2/3 fueron de tipo vesicante (mostaza, lewisita).

Los gases mencionados, incluidos en el concepto de "Armas de Destrucción Masiva" (nombre propuesto por Cosmo Gordon Lang, Arzobispo de Canterbury, en un artículo que apareció en la revista Times el 28 de diciembre de 1937), se siguieron investigando para diversos fines. Así, buscando insecticidas potentes, Gerhard Schrader descubrió agentes nerviosos como el Sarín y Tabún (Agente GA) que son derivados organofosforados muy potentes. Otro químico, Richard Khun (premio Nobel de química en 1938), descubrió inesperadamente en 1944 el **Somán** o agente GD (metilfosfonofluoridato de o- pinacolilo), mientras trabajaba para el ejército alemán sobre la farmacología del Tabún y del Sarín.

La utilización de estos gases en la II Guerra Mundial en el campo de batalla se produjo solo en casos puntuales y casi siempre fuera de Europa. Por ejemplo, los japoneses usaron en China iperita, lewisita y fosgeno. El único caso documentado de utilización en Europa se conoció en 1942 cuando Alemania reconoció que en 1939 había lanzado algunas bombas de gas mostaza sobre Varsovia por error. Adolf Hitler no pareció tener gran interés por estas



armas en el campo de batalla dada su personal experiencia con el gas mostaza en la I Guerra Mundial ⁽²⁾. Los nazis utilizaron este tipo de armas para matar a los judíos en los campos de concentración. Curiosamente, el **Zyklon-B**, derivado de cianuro que se utilizó en Auschwitz, fue usado en verano de 1941 contra miembros de la familia de Haber. Cuando los rusos ocuparon Alemania Oriental se encontraron enormes almacenes de armas químicas, así como dos plantas dedicadas a la producción de Tabún que desmontaron y se llevaron a Rusia. Estados Unidos y Gran Bretaña ocuparon las fábricas de Sarín descubiertas en Leipzig y Hamburgo.

Efectos de los agentes

Los agentes nerviosos de la II Guerra Mundial se han englobado bajo el término “agentes nerviosos G”, todos ellos con una acción que se concreta en el hecho de interferir con la enzima acetil-colinesterasa, con lo cual se acumula la acetil-colina. Se incluyen, sobre todo, GA (Tabún), GB (Sarín) y GD (Somán). También cabe mencionar el GF (Ciclosarín), más persistente que el Sarín. Los síntomas colinérgicos dominan el cuadro clínico, que se manifiesta por náuseas, vómitos y diarrea, y una gran cantidad de síntomas secundarios producidos por la excesiva secreción glandular (sudoración, salivación, lagrimeo, rinorrea, hipersecreción bronquial) que alteran la función respiratoria. También pueden aparecer miosis, visión borrosa, disnea y broncoespasmo ⁽¹⁾. En conjunto cabe encontrar:

- Muscular
 - Fasciculaciones
 - Debilidad
 - Parálisis
- Sistema Nervioso Central
 - Convulsiones
 - Coma
- Efectos Colinérgicos
 - Náuseas, vómitos
 - Diarrea
 - Sudoración
 - Sialorrea
 - Lagrimeo
 - Rinorrea
 - Aumento de secreción bronquial
 - Miosis
 - Broncoespasmo



- Combinación de Síntomas
 - Distrés respiratorio
 - Visión borrosa
 - Ansiedad
 - Respiración lenta
- *Principal causa de muerte: insuficiencia respiratoria y convulsiones.*
- *Supervivientes:* la recuperación clínica generalmente se observa dentro de las

primeras 24 horas, la recuperación del 75% de la actividad normal de colinesterasa eritrocitaria puede alcanzarse luego de varias semanas. Como efectos a largo plazo destacan los cambios menores en el EEG y trastornos neuroconductuales hasta un año después de la exposición.

RIESGO QUÍMICO Y DEFENSA. CONCLUSIONES PARA EL FUTURO

Las dos guerras mundiales pusieron de manifiesto que las armas químicas son fáciles de producir tecnológicamente, baratas, eficaces en muchos escenarios y difíciles de detectar. Pensar, por todo ello, en su freno o abandono resulta poco creíble. No obstante, la mayor amenaza actual se centra en el uso de armas químicas con fines terroristas. Sólo en Estados Unidos, entre 1960 y 1999, se registraron 415 incidentes relacionados con agentes químicos, biológicos y radiactivos. De ellos 151 se consideraron terroristas, 160 criminales, y el resto fueron accidentales o motivados por otras causas. En los 80 del siglo XX aumentó el uso terrorista ⁽¹⁾.

De los miles de productos químicos de uso industrial, un porcentaje elevado es tóxico para el hombre y podrían ser empleados como agresivos químicos, si bien, los de mayor interés bélico son los denominados agentes químicos, es decir los productos químicos especialmente desarrollados para causar daño al hombre, destacando el cloro, el fosgeno, los neurotóxicos, así como otros incapacitantes y modificadores de la fisiología normal del organismo (bio-reguladores). Tras los ataques terroristas contra Estados Unidos el 11 de septiembre de 2001 y las amenazas de determinados grupos terroristas del islamismo fanático a Occidente, tras las actuaciones militares de las coaliciones internacionales lideradas por EEUU en Afganistán (2002), Irak (2003), etc., la amenaza de uso terrorista de tales agentes es motivo de prioridad defensiva. Una lista de "candidatos" para ser usados sería ^(1,16):

- NEUROTÓXICOS: Tabún, Sarín, Somán, GF, VX.
- HEMOTÓXICOS: Ácido cianhídrico, cloruro de cianógeno.
- VESICANTES: Lewisita, mostazas.



- METALES PESADOS: Arsénico, plomo, mercurio.
- TÓXICOS VOLÁTILES: Benceno, cloroformo, trihalometano.
- TÓXICOS PULMONARES: Fosgeno, cloro, cloropicrina.
- INCAPACITANTES: Bencilato de 3-quinuclidinilo (BZ), LSD.
- PESTICIDAS: Fosforados, clorados.
- INCENDIARIOS: Gasolina, propano.
- TÓXICOS INDUSTRIALES: Cianidas, nitrilos, ácidos nítrico y sulfúrico.
- OTROS: Dioxinas, furanos, explosivos nítricos.

Desde la I Guerra Mundial, la evolución de las armas químicas ha sido evidente. Por ejemplo, la toxicidad del gas mostaza estaba multiplicada por 10 en comparación con el cloro. En los siguientes 20-40 años, la toxicidad de los agentes nerviosos G y V quedaba multiplicada por 100. Globalmente, desde 1915 la toxicidad ha llegado a multiplicarse por 1.000. Con los agentes nerviosos de tipo V parece que la escalada de toxicidad quedó en su plano actual. Y es que con los últimos agentes nerviosos se logró: a) estabilidad y facilidad para ser incorporados a distintas municiones; b) solubilidad en materiales orgánicos e inorgánicos, lo que comporta serios peligros incluso durante la descontaminación; c) solubilidad en agua y resistencia a la hidrólisis, lo que los hace buenos candidatos para ataques terroristas; d) gran diversidad de agentes y efectos, con lo que cabe “seleccionar el producto” según el plan de ataque; e) posible utilización contra el enemigo con bastante seguridad propia. Y tal vez lo más importante: el uso de antidotos salva vidas, pero no restablece la capacidad de combate del soldado afectado, y la afectación psicológica resulta terrible ⁽²⁾.

Algunos agentes, como el gas mostaza sigue siendo un arma bélica potencial, pero, sobre todo, terrorista. Se trata de un agente que incluso a los 30 años de la exposición sigue causando problemas respiratorios, cutáneos y oculares ⁽¹⁷⁾. De hecho, las lesiones pulmonares son activas y progresivas años después de la exposición y no hay, a día de hoy, un tratamiento farmacológico curativo de las mismas ⁽¹⁸⁾. Además, aumenta el riesgo de cáncer de pulmón ⁽¹⁹⁾. Entre los arsenicales, la lewisita es otro potencial agente de uso bélico y terrorista. De hecho, se conoce su almacenamiento en Rusia, Alemania, Italia, Estados Unidos y Asia, y es bien conocido su elevado rendimiento coste-beneficio. En la Figura 3 pueden verse los derivados que pueden obtenerse, todos ellos de posible uso como agentes químicos.

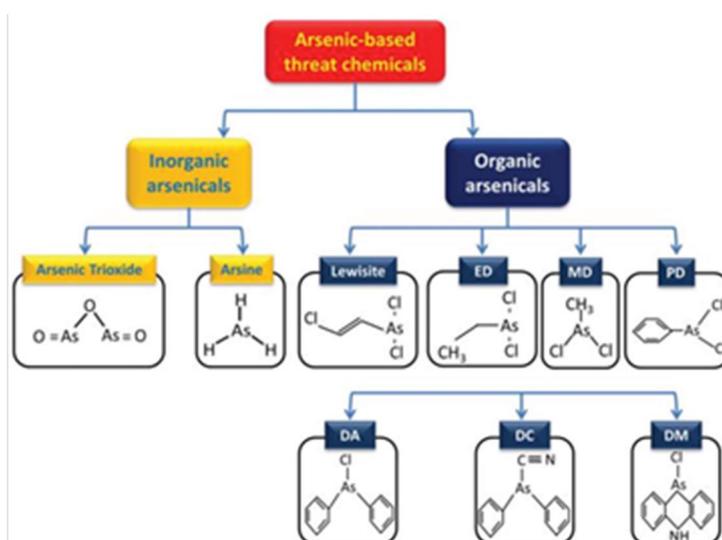


Figura 3. Estructura química de los arsenicales (Li et al., 2016) ⁽²⁰⁾

ED, ethyldichloroarsine; MD, methyldichloroarsine; PD, phenyldichloroarsine; DA, diphenylchlorarsine; DC, diphenylcyanarsine; DM, diphenylaminechlorarsine.

Además del potencial uso terrorista, los accidentes industriales, descarrilamientos de trenes y depósitos de gas descargados o enterrados son otras fuentes de peligro con gases venenosos ^(8,21).

Algunos autores han señalado que vivimos todavía a la sombra de la I Guerra Mundial. Tras aquella guerra varias conferencias internacionales trataron de limitar el uso de armas químicas (Conferencia de Washington, 1921-1922, Conferencia de Génova, 1923-1925, Conferencia Mundial de Desarme, 1933), pero desde entonces se siguieron usando. Ejemplos de ello son la guerra de Italia en Abisinia, España con Marruecos, británicos en Rusia e Iraq, los japoneses en China, norteamericanos en Vietnam, Iraq en 2007, Siria en 2013, etc. ⁽¹⁰⁾. Señalaban Jones et al. ⁽²²⁾ que los veteranos que habían sobrevivido a ataques químicos mantenían una especial ansiedad en tiempos de paz vinculada al terror de dicha forma de guerra. Ese componente psicológico influía negativamente en el curso de sus secuelas, seguían viviendo a la sombra de la guerra química.

Las lesiones en combate, el terror, las secuelas físicas, el daño psicológico que interactúa y dificulta la recuperación de dichas secuelas, etc., son elementos que llevan a la conclusión de un necesario final para esta forma de guerra. En 1992, en el seno de la Conferencia de Desarme, comenzó a funcionar un comité dedicado a las armas químicas. El 13 de enero de 1993 se firmó en París la Convención, firmando ciento treinta países durante los



dos primeros días, posteriormente se depositó en la ONU en Nueva York. La primera sesión tuvo lugar en la Haya del 8 al 12 de febrero de 1993. El 29 de abril de 1997, entró en vigencia como OPCW y ciento ochenta días más tarde se estableció la CWC (*Chemical Weapons Convention*) ratificada por sesenta y cinco países. La CWC es un tratado multilateral que prohíbe las armas químicas y exige su destrucción en un plazo determinado de tiempo. El plazo para tal destrucción de este tipo de armas, que muchos países tenían almacenadas, la mayoría desde el II Guerra Mundial, era 2007 y se acordó que cada cinco años se haría una reunión para vigilar el cumplimiento de estos acuerdos. Posteriormente y dadas las dificultades se prorrogó la fecha límite hasta el 29 de abril de 2012. La destrucción no podía implicar quemarlas o lanzarlas al mar. Estados Unidos, Rusia, Libia e Iraq eran incapaces de cumplir este acuerdo por razones de tipo técnico, financiero y político. Estados Unidos declaró 311.000 toneladas y en 2012 ya había destruido el 90%. Rusia declaró 40.000 toneladas y en 2012 había destruido el 60% y se comprometía a terminar en diciembre de 2015 ^(23,24).

La destrucción se debe hacer en espacios habilitados con construcciones y contenedores especiales para poderla llevar a cabo. Países con posibilidades económicas como Estados Unidos han centrado la destrucción en dos lugares concretos: Blue Grass (Kentucky) y Pueblo (Colorado). Todas las armas químicas que tenían las han desplazado a uno de esos dos puntos. También se ha utilizado con este fin un navío colocado en aguas internacionales conocido con el nombre de *Cape Ray* y posteriormente los efluentes se han destruido en plantas de descontaminación situadas en Alemania, Finlandia y USA. Por su parte, Rusia ha habilitado espacios en Chapayevsk (región de Samara), Gorny (región de Saratov), Kambarka (Udmurtia), Arys (Kazajstán) y Leonidvka (Penza). Tras el uso en Siria de armas químicas en 2013, se ha logrado que este país se adhiera y acate las resoluciones de la CWC. En cuanto al Reino Unido, había destruido la mayor parte de las armas químicas cuando terminó la II Guerra Mundial echándolas al mar (en aquel momento no estaba prohibido), y algunas las enterraron ⁽²³⁾.

El mal uso de la ciencia química ha dado lugar a estos tristes acontecimientos (la preparación y uso de armas químicas). Pero sería necesario contraponer otros muchos aspectos como los medicamentos, insecticidas, herbicidas, conservantes, desinfectantes, y otros, en los cuales la química ha sido la solución a complejos problemas que garantizan una importante mejora de las condiciones de vida. Como siempre no es la química la culpable realmente; son dilemas éticos y sociológicos, mezclados con los dirigentes políticos, los que hacen que una ciencia sea utilizada de una forma responsable para bien de la humanidad o, todo lo contrario, que se utilicen los conocimientos como arma destructiva. Confiamos que la



sociedad del futuro sea capaz de utilizar los conocimientos para mejorar el nivel de vida y no los utilice para la opresión y la destrucción ⁽²³⁾. Pero, ¿estamos seguros de que no volverá a ocurrir? Seguros, no. Planteábamos como último análisis temático una pregunta: ¿es posible la defensa contra el ataque químico? Es posible y así se ha hecho. Como suele ocurrir, a cada ingenio le sigue una defensa, lo que lleva a mejorar el ingenio, etc. Escalada suele decirse. Tal vez la mejor defensa sea la destrucción efectiva de tales armas y el cumplimiento de las directrices de la CWC. Entretanto, unos y otros harán cuanto puedan para atacar y defenderse. Es la historia de siempre, la Historia.

Referencias

1. Villalonga L. Historia de la Guerra Química. Características y mecanismos de aplicación en la guerra y en el terrorismo. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia. Madrid (Monografía XVI)*: Real Academia Nacional de Farmacia; 2005.
2. Pitschmann V. Overall view of chemical and biochemical weapons. *Toxins* 2014; 6: 1761-1784.
3. Ivanov VA. Brief comment on publication "First chemical mass attack in history of wars, Bolimow, January 31, 1915". *Przegl Epidemiol* 2013; 67: 92.
4. Zieliński A. First chemical mass attack in history of wars, Bolimów, January 31, 1915. *Przegl Epidemiol* 2010; 64: 449-53.
5. Hinds J (23 February 2009). Very, Very Early Torpedoes. *Great History*. Archivado del original el 2 de noviembre de 2013. Recuperado el 02 de julio de 2019. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20131102114555/http://greathistory.com/very-very-early-torpedoes.htm>
6. Williamson Mitch (21 April 2013). Hassan Al Rammah. *Weapons and Warfare-Military History and Hardware*. Archivado del original el 17 de noviembre de 2013. Recuperado el 02 de julio de 2019. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20131117002101/http://weaponsandwarfare.com/?p=16618>
7. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qual Res Psychol* 2006; 3: 77-101.
8. Padley AP. Gas: the greatest terror of the Great War. *Anaesth Intensive Care* 2016; 44 Suppl: 24-30.
9. Buffetaut Y. *Ypres, 22nd April 1915: The first gas attack*. Louviers (France): Ysec Editions; 2008.



10. Fitzgerald GJ. Chemical warfare and medical response during World War I. *Am J Public Health* 2008; 98: 611-25.
11. Norris JE. The manufacture of war gases in Germany. *Ind Eng Chem* 1919; 11: 817.
12. Jones E. Terror Weapons: The British experience of gas and its treatment in the First World War. *War Hist* 2014; 21: 355-375.
13. Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR (Eds.). *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington, DC: Office of the Surgeon General; 1997.
14. Smart JK. History of chemical and biological warfare: An American perspective. En: United States. Department of the Army. *Textbook of Military Medicine: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington, DC: Office of the Surgeon General; 1997.
15. Brophy LP, Fisher GJB. *The Chemical Warfare Service: Organizing for War*. Washington, DC: Office of the Chief of Military History; 1959. p. 3-18, 25-27, 424-471.
16. Williams M, Sizemore DC. *Biologic, Chemical, and Radiation Terrorism Review*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019.
17. Darchini-Maragheh E, Balali-Mood M. Delayed complications and long-term management of sulfur mustard poisoning: Recent advances by Iranian researchers (Part I of II). *Iran J Med Sci* 2018; 43:103-124.
18. Poursaleh Z, Harandi AA, Vahedi E, Ghanei M. Treatment for sulfur mustard lung injuries; new therapeutic approaches from acute to chronic phase. *Daru* 2012; 20:27.
19. Hosseini-khalili A, Haines DD, Modirian E, Soroush M, Khateri S, Joshi R, Zendehelel K, et al. Mustard gas exposure and carcinogenesis of lung. *Mutat Res* 2009; 678:1-6.
20. Li C, Srivastava RK, Athar M. Biological and environmental hazards associated with exposure to chemical warfare agents: arsenicals. *Ann N Y Acad Sci* 2016; 1378:143-157.
21. Kaise T, Kinoshita K. Chemical treatment and decomposition technique of the chemical warfare agents containing arsenicals. *Yakugaku Zasshi* 2009; 129: 45-51.
22. Jones E, Palmer I, Wessely S. Enduring beliefs about effects of gassing in war: qualitative study. *BMJ* 2007; 335: 1313-5.
23. Martín M, Pinto G, Hernández JM, Martín MT. Cien años de armas químicas. *An Quím* 2015; 111: 224-229.
24. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). *The Chemical Weapons Convention: A Synopsis of the Text*. The Hague: OPCW; 2017.