

*Juan Domingo y René Pita \**

LA DESTRUCCIÓN SEGÚN LA  
CONVENCIÓN DE ARMAS QUÍMICAS  
Y SU APLICACIÓN EN SIRIA

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

## LA DESTRUCCIÓN SEGÚN LA CONVENCIÓN DE ARMAS QUÍMICAS Y SU APLICACIÓN EN SIRIA

### Resumen:

En este documento se analiza el complejo proceso de destrucción de las armas químicas, con un recorrido que va desde el más simple y uno de los más utilizados métodos de destrucción, ahora prohibido, como es el vertido al mar, pasando por los procesos convencionales de hidrólisis e incineración que se han venido aplicando desde los años cincuenta, para terminar con las nuevas tecnologías como la destrucción mediante explosivos, la biodegradación y la oxidación en agua en estado supercrítico, que tienen una aplicación muy concreta. Además se detalla la problemática de las categorías y plazos que la Convención de Armas Químicas establece para la destrucción de las armas químicas, y su posible modificación con vistas a que Siria cumpla con el plazo de destrucción establecido para mediados de 2014.

### Abstract:

*This paper analyses the complex process of chemical weapons destruction. It starts with sea dumping, the most simple and used method, now prohibited, continuing with conventional methods like hydrolisis and incineration, which have been used since the fifties. Finally, new technologies with specific applications are reviewed, like the use of explosives, biodegradation and supercritical water oxidation. Also, we discuss issues related to categories and deadlines for chemical weapons destruction in the Chemical Weapons Convention and possible modifications based on the need to complete Syria's chemical's stockpiles destruction before mid-2014.*

### Palabras clave:

Siria, armas químicas, Convención para la prohibición de Armas Químicas, destrucción de armas químicas, incineración, hidrólisis.

*Keywords: Syria, chemical weapons, Chemical Weapons Convention, chemical weapons destruction, incineration, hydrolisis.*

**\*NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

## INTRODUCCIÓN: LA DESTRUCCIÓN ANTES DE LA ENTRADA EN VIGOR DE LA CONVENCION DE ARMAS QUÍMICAS

Durante la Primera Guerra Mundial se generalizó el empleo de sustancias químicas tóxicas como método de guerra. Finalizada la guerra, y también durante y después de la Segunda Guerra Mundial, se fabricaron y almacenaron grandes cantidades de armas químicas, que fueron posteriormente eliminadas o destruidas mediante métodos que, si bien en su momento resultaban aceptables, en los tiempos modernos no lo son. Por ejemplo, algunos agentes químicos volátiles o gases, como el fosgeno fueron simplemente liberados a la atmósfera, y muchos agentes químicos fueron destruidos, en grandes cantidades, por combustión a cielo abierto.

Otro método empleado entonces fue el vertido al mar, mediante la carga en un buque de las armas químicas a eliminar y su hundimiento en una fosa marina. Este método está actualmente prohibido. De hecho, ya se prohibía en el Convenio Internacional para la prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves (Convenio de Oslo), que entró en vigor en 1974. Ese mismo año, se firmó el Convenio para la prevención de la contaminación marina de origen terrestre (Convenio de París), que entró en vigor en 1978. En 1992 ambos Convenios se fusionaron en el nuevo Convenio sobre la protección del medio ambiente marino del Atlántico Nordeste (Convenio Oslo-París o Convenio OSPAR), que entró en vigor en 1998<sup>1</sup>.

En 1974 se firmó el primer Convenio para la protección del medio ambiente marino del mar Báltico (Convenio de Helsinki), que fue revisado y firmado, en 1992, por todos los países ribereños del mar Báltico y por la Comunidad Económica Europea. Este nuevo Convenio entró en vigor en el año 2000, gobernado por una organización internacional denominada Comisión de Helsinki (HELCOM)<sup>2</sup>.

A partir de los años cincuenta se inició un cambio importante en lo referente a la destrucción de las armas químicas. Algunos países comenzaron la destrucción de sus arsenales químicos mediante técnicas más respetuosas con el medio ambiente. Las técnicas en ese momento maduras que permitían una destrucción segura y eficaz de las armas químicas, y que económicamente resultaban viables eran la incineración y la hidrólisis, resultando como mejor opción la hidrólisis seguida de incineración. Así, por ejemplo, entre 1958 y 1993, se destruyeron mediante estas técnicas más de catorce mil toneladas de agentes neurotóxicos (tabún, GA; sarín, GB; somán, GD; ciclohexilsarín o ciclosarín, GF; mezclas de GB y GF; VX; y VX ruso o VR) y vesicantes (iperita, H; lewisita, L; y mezclas de ambos, HL) en Alemania, Canadá, Estados Unidos, Iraq, Reino Unido y Rusia<sup>3</sup>.

Otro método también empleado en el pasado, y que actualmente no puede emplearse, es el enterramiento, es decir, cavar en el terreno una zanja y enterrar en ella las armas químicas a

<sup>1</sup> Para más información sobre el Convenio OSPAR véase [http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/convenios-internacionales/convenio\\_ospar.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/convenios-internacionales/convenio_ospar.aspx). Fecha de la consulta 2.11.2013.

<sup>2</sup> Véase <http://helcom.fi>. Fecha de la consulta 2.11.2013.

<sup>3</sup> PITA, René, *Armas químicas: la ciencia en manos del mal*, Madrid, Plaza y Valdés, 2008.

eliminar. Todavía hoy, durante obras y excavaciones, se encuentran inesperadamente armas químicas enterradas, por lo general en un lamentable y peligroso estado de conservación.

Sin embargo, durante las negociaciones en la Conferencia de Desarme (CD) de Ginebra de lo que sería luego la Convención para la prohibición de Armas Químicas (CAQ), se presentó el problema de las armas químicas antiguas y abandonadas, y su evidente necesidad de destrucción<sup>4</sup>. La negociación de la CAQ solventó estos problemas mediante el establecimiento de unas fechas de corte en el texto final, alcanzado en 1993, de la Convención que entraría en vigor el 29 de abril de 1997:

- En su artículo II, párrafos 5 y 6, la CAQ define los términos “antiguas armas químicas” y “armas químicas abandonadas”, las primeras como “las producidas antes de 1925; o producidas entre 1925 y 1946 que se han deteriorado en tal medida que no pueden ya emplearse como armas químicas”, y las segundas como “las abandonadas por un Estado, después del 1 de enero de 1925, en el territorio de otro Estado sin el consentimiento de este último, incluidas las antiguas armas químicas”.
- En su artículo III, párrafo 2, establece dos excepciones importantes: “Las disposiciones del presente artículo y las disposiciones pertinentes de la Parte IV del Anexo sobre verificación no se aplicarán, a discreción de un Estado Parte, a las armas químicas enterradas en su territorio antes del 1 de enero de 1977 y que permanezcan enterradas o que hayan sido vertidas al mar antes del 1 de enero de 1985”.

En consecuencia, los Estados Parte en la CAQ que enterraron armas químicas antes del 1 de enero de 1977, o que vertieron al mar armas químicas antes de 1985, no están obligados a recuperarlas y destruirlas.

## LA DESTRUCCIÓN DE ARMAS QUÍMICAS EN IRAQ ANTES DE SU ACCESO A LA CAQ

La adopción de la resolución 687 de 3 de abril de 1991 del Consejo de Seguridad de la ONU estableció los términos y condiciones para el alto el fuego formal entre Iraq y la coalición de Estados que cooperaban con Kuwait, dando fin a la guerra del Golfo Pérsico de 1991.

Las armas químicas iraquíes estaban dispersas en numerosas bases aéreas y depósitos de almacenamiento a lo largo de todo el país. Llegado el momento de inventariar el arsenal químico iraquí, la labor se hizo interminable. Sin embargo, a principios de 1993, los inspectores de la UNSCOM<sup>5</sup> habían verificado la existencia de alrededor de 140.000

<sup>4</sup> El texto de la Convención está disponible en

[http://www.opcw.org/index.php?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=6354](http://www.opcw.org/index.php?eID=dam_frontend_push&docID=6354). Fecha de la consulta 2.11.2013.

<sup>5</sup> El 19 de abril de 1991, el Consejo de Seguridad establecía la Comisión Especial de la ONU (UNSCOM) para armas químicas y biológicas que, conjuntamente con la Agencia Internacional de la Energía Atómica (AIEA) en el campo de las armas nucleares, era responsable de velar por el cumplimiento de lo establecido en la Resolución 687. Esta comisión tenía dos misiones: inspeccionar y supervisar la destrucción o eliminación de las armas no convencionales, misiles de alcance superior a 150 km, así como las instalaciones de producción y almacenamiento; y, por otro lado, controlar, mediante un programa de verificación y seguimiento, que Iraq no intentaba recomponer su capacidad no convencional.

municiones químicas vacías y cargadas, unas 590 toneladas de agentes a granel y unas 3.500 toneladas de precursores.

Ante esta situación todo indicaba que la labor de destrucción de las armas químicas iraquíes de manera rápida y segura iba a resultar una tarea difícil y compleja. La UNSCOM buscó apoyo en un reducido grupo de países con experiencia en la destrucción de armas químicas para buscar una solución segura y efectiva. Cinco países, Canadá, EE.UU., Francia, Reino Unido y Rusia, acordaron proporcionar un experto en este campo; junto a éstos, un representante de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y un experto en ingeniería de la combustión del Instituto de Tecnología de New Jersey, constituyeron una comisión asesora para la destrucción de armas químicas (*Destruction Advisory Panel*, DAP). Tras múltiples reuniones entre los expertos de UNSCOM y sus homólogos iraquíes se acordó que Iraq podría construir las instalaciones requeridas para la destrucción de sus armas químicas, y operarlas bajo dirección y supervisión de la UNSCOM.

Las dos técnicas disponibles en aquel momento para la destrucción de agentes neurotóxicos eran la incineración directa y la neutralización química. Sin embargo, ningún método se había utilizado anteriormente para la destrucción de GF (ciclohexilsarín) o de las mezclas GB/GF (sarín/ciclohexilsarín). Una complicación adicional provenía del hecho de que esta mezcla iraquí también contenía hasta un 40% de diclorometano, como disolvente orgánico. Después de muchas discusiones se decidió optar por la neutralización química, dado que Iraq no tenía experiencia en la construcción y operación del tipo de incinerador necesario para abordar la incineración directa de agentes neurotóxicos. Las dos alternativas probadas fueron la neutralización con 2-aminoetanol seguida de incineración de los productos resultantes, y la hidrólisis con una solución acuosa de sosa cáustica (hidróxido sódico), seguida de eliminación del residuo seco en un vertedero seguro. Una de las desventajas de la hidrólisis con sosa cáustica es la gran cantidad de residuo generado, que puede ser hasta cinco y seis veces la cantidad del agente destruido. Aunque la toxicidad de estos residuos es relativamente baja, no pueden liberarse tal cual al medio ambiente debido a su alto contenido en flúor. Además, como en Iraq no se podía disponer fácilmente de 2-aminoetanol y sí de sosa cáustica, se decidió evaluar la neutralización con esta última<sup>6</sup>.

El diseño básico de la planta se acordó en una reunión entre expertos iraquíes y de la UNSCOM a finales de noviembre de 1991. Después de evaluar los resultados de los estudios en planta piloto se acordó, en abril de 1992 el diseño de la planta final, que fue puesta en marcha por personal iraquí bajo supervisión de la UNSCOM en septiembre de 1992.

La iperita o gas mostaza puede ser destruida por oxidación química o por neutralización, pero la pureza variable de la misma puede conducir a resultados impredecibles y en aquel momento ninguno de los dos procesos se había utilizado regularmente a escala industrial. Sin embargo, la eliminación de la iperita por incineración directa era un proceso bien conocido, utilizado con éxito por numerosos países, como por ejemplo, Canadá, EE.UU y Reino Unido. Se decidió, por lo tanto, optar por la incineración como medio de destrucción del arsenal iraquí de iperita. Al no existir una instalación apropiada en Iraq, se hizo necesario

---

<sup>6</sup> MANLEY, Ron G., "UNSCOM's experience with chemical warfare agents and munitions in Iraq", en STOCK, Thomas y LOHS, Karlherinz (eds.), *The Challenge of old chemical munitions and toxic armament wastes*, SIPRI Chemical & Biological Warfare Studies, no. 16, Oxford, Oxford University Press, 1997, 241-262.

el diseño y construcción de una instalación específica para este propósito. El diseño final fue acordado en una serie de reuniones entre expertos iraquíes y de la UNSCOM, a finales de noviembre de 1991, y la construcción comenzó en Al Muthanna en enero de 1992. La construcción se llevó a cabo a lo largo de ese año con el asesoramiento y asistencia de la UNSCOM. La planta estaba operativa en noviembre de 1992, a cargo de personal iraquí trabajando bajo la dirección de expertos de la UNSCOM. Es importante destacar el trabajo y el esfuerzo llevado a cabo por Iraq para la construcción y puesta en marcha de esta planta en poco más de nueve meses.

## LA DESTRUCCIÓN DE ARMAS QUÍMICAS CON LA ENTRADA EN VIGOR DE LA CAQ

Para la CAQ, la destrucción de las armas químicas es un proceso en virtud del cual las sustancias químicas se convierten, de forma esencialmente irreversible, en una materia inapropiada para la producción de armas químicas, mientras que las municiones y demás dispositivos se inutilizan irreversiblemente de modo que no pueden utilizarse como tales.

La CAQ indica taxativamente en la Parte IV (A) del Anexo de verificación sobre “Destrucción de armas químicas y su verificación, de conformidad con el artículo IV”, en su párrafo 13: “Cada Estado Parte determinará el procedimiento que seguirá para la destrucción de las armas químicas, con exclusión de los procedimientos siguientes: vertido en una masa de agua, enterramiento o incineración a cielo abierto. Cada Estado Parte solamente destruirá las armas químicas en instalaciones expresamente designadas y debidamente equipadas”. Es decir, está prohibido destruir armas químicas mediante su vertido a ríos, mares u océanos; el enterramiento de las mismas; y su combustión o quema a cielo abierto. Además, resulta importante matizar, que es el Estado Parte el que determina el procedimiento que seguirá para la destrucción de las armas químicas.

Entonces, ¿qué procedimientos existen y cuál es el más apropiado? La respuesta no es fácil, pues hay que tener en cuenta muchos factores: el tipo de sustancia química a destruir y si está en recipientes o en municiones; la presencia o no de carga explosiva en la munición; y el estado de conservación del agente químico y de las municiones, entre otros muchos.

Las limitaciones de tiempo impuestas por la CAQ, a saber, la necesidad de empezar a destruir los arsenales de armas químicas no más tarde de dos años después de la entrada en vigor de la Convención para un Estado Parte, y la obligación de finalizar su destrucción no más tarde del 29 de abril de 2007, implicaban el empleo de sólo unas pocas tecnologías de destrucción que en aquel momento estaban desarrolladas y ya habían resultado eficaces para la destrucción de agentes químicos de guerra. En este sentido, las dos tecnologías más empleadas para la destrucción de armas químicas conforme a los requerimientos de la CAQ eran en aquel momento (y siguen siendo) la incineración (destrucción a alta temperatura) y la hidrólisis o “neutralización”, seguida de un tratamiento posterior de los residuos (destrucción a baja temperatura).

## PROCEDIMIENTOS DE DESTRUCCIÓN DE ARMAS QUÍMICAS

En el caso de las armas químicas antiguas y abandonadas, éstas están constituidas por dos partes muy difíciles de separar: una parte tóxica, la sustancia química tóxica o agente químico de guerra, y una parte explosiva, componente del sistema de dispersión. Esta combinación, junto a la corrosión, degradación y falta de información, dificultan y hacen peligroso su manejo.

El principio básico para el manejo de materiales explosivos es el **no confinamiento**. Los explosivos sólo pueden ser manejados con seguridad en zonas abiertas, sin personas en las proximidades y, para evitar los efectos de la onda de choque y de la fragmentación, con protecciones laterales, pero sin techo o con techo muy ligero.

El principio básico para el manejo de materiales tóxicos, en especial líquidos y gases, es el **confinamiento total**. Para esto se emplean diferentes barreras, como, por ejemplo, filtros, borboteadores (*scrubbers*), esclusas y contenedores herméticos, entre otros, procurando evitar el contacto y la inhalación (mediante el empleo de guantes y máscara) y reduciendo el tiempo de exposición del operario.

La carga explosiva de una munición química requiere su manejo en una **zona no confinada** y el manejo del agente químico que incorpora requiere una **zona confinada**, así que no es posible simultanear ambos requerimientos de seguridad. Es necesario, en primer lugar, asegurarse que no hay peligro de explosión, para después destruir el agente químico. Luego, una vez desmantelada la munición química, hay que descontaminar la chatarra e inactivar la carga tóxica de manera apropiada.

Debido a esta problemática, la destrucción de las armas químicas suele realizarse en varias fases. Primero, si su estado de conservación y seguridad lo permiten, las municiones, con o sin carga explosiva, se llevan a una instalación de desmantelamiento o a una instalación de almacenamiento próximo a la misma. En una segunda fase, se inspeccionan para analizar o clasificar su contenido, y se procede a separar la parte explosiva de la parte tóxica, y separar ambas de la parte metálica o chatarra. En una tercera fase, se destruyen la parte explosiva y la parte tóxica por el procedimiento más apropiado, y se descontamina la chatarra.

Pudiera suceder que por diversos motivos, ya sea de seguridad, por el mal estado de las municiones, o por motivos técnicos (por ejemplo, porque el agente se ha degradado, ha polimerizado y, por tanto, no es posible extraerlo de su recipiente), no sea posible separar las distintas partes. En estos casos se recurre a técnicas de destrucción mediante explosivos, donde estas armas químicas problemáticas, se explosionan convenientemente en una cámara, para evitar así tanto el peligro explosivo como el peligro tóxico, y a continuación los residuos se tratan para permitir su posterior vertido.

### Agentes, precursores, munición clásica y munición binaria

Los agentes químicos de guerra producen en los seres vivos, efectos fisiopatológicos y psíquicos que van desde la incapacidad temporal a la enfermedad grave o la muerte. La clasificación de los agentes químicos de guerra según sus efectos fisiopatológicos está basada fundamentalmente en los mecanismos de acción toxicológico, así como en los signos



clínicos y síntomas característicos que el agente produce en el organismo. Se clasifican en:

- a) Agentes neurotóxicos o nerviosos;
- b) Agentes vesicantes o dermatotóxicos;
- c) Agentes neumotóxicos o sofocantes;
- d) Agentes cianurados, cianogénicos, hemotóxicos o sanguíneos; y
- e) Agentes incapacitantes.

En las municiones químicas convencionales el agente químico de guerra se encuentra normalmente como tal, almacenado o no en recipientes de vidrio para evitar la corrosión de la munición que los contiene. Sin embargo, para algunos agentes químicos de guerra existen los denominados sistemas binarios, donde los precursores (el denominado componente clave y un segundo componente) se encuentran en compartimentos separados por una membrana que se rompe con la inercia del disparo, de modo que los precursores se mezclan y reaccionan para formar el agente químico.

Para la destrucción de las armas químicas binarias la CAQ establece lo siguiente:

- A los efectos del orden de destrucción, se considerará que la cantidad declarada (en toneladas) del componente clave destinada a un producto final tóxico específico equivale a la cantidad (en toneladas) de ese producto final tóxico calculada sobre una base estequiométrica, suponiendo que el rendimiento sea del 100%;
- La exigencia de destruir una cantidad determinada del componente clave implicará la exigencia de destruir una cantidad correspondiente del otro componente, calculada a partir de la relación efectiva de peso de los componentes en el tipo pertinente de munición química binaria/dispositivo químico binario; y
- Si se declara una cantidad mayor de la necesaria del otro componente, sobre la base de la relación efectiva de peso entre componentes, el exceso consiguiente se destruirá a lo largo de los dos primeros años siguientes al comienzo de las operaciones de destrucción.

Esto significa que, por ejemplo, si un Estado Parte ha declarado poseer sarín (Lista 1A)<sup>7</sup>, no sólo debe destruir todo el sarín, sino que también tendría que destruir todo el metilfosfonildifluoruro (DF) declarado, componente clave del sarín (Lista 1B), así como la parte estequiométrica de alcohol isopropílico (sustancia no listada), por ser ambos componentes de un sistema binario del sarín.

---

<sup>7</sup> A los efectos de la aplicación de la CAQ, las sustancias químicas tóxicas respecto de las que se ha previsto la aplicación de medidas de verificación están enumeradas en tres Listas, cada una de ellas con agentes (A) y precursores (B). Estas listas están incluidas en el "Anexo sobre sustancias químicas". La Lista 1 contiene sustancias químicas y precursores que se han desarrollado, producido, almacenado o empleado como arma química según la definición del artículo II de la Convención.

### Técnicas de destrucción mediante explosivos

Las tecnologías de destrucción explosiva destruyen las armas químicas mediante el empleo de explosivos o de calor. Estas técnicas no requieren desmantelar las municiones y difieren mucho de la incineración o de la combustión (explosión) a cielo abierto, esta última prohibida por la CAQ. Podríamos establecer tres grandes grupos de tecnologías de destrucción de armas químicas mediante explosivos:

- La tecnología de detonación de explosivos, que destruye casi en su totalidad el agente químico y la carga explosiva de la munición, al detonar un alto explosivo que envuelve la munición. Los residuos de la detonación gases incluidos son posteriormente tratados para completar su destrucción. Ejemplos de esta tecnología de detonación son la Cámara Transportable de Detonación (*Transportable Detonation Chamber, TDC*) y el sistema DAVINCH (*Detonation of Ammunition in a Vacuum-Integrated Chamber*). El sistema DAVINCH se ha utilizado para la destrucción de más de 43.000 armas químicas en Bélgica, China y Japón.
- La tecnología denominada de “neutralización” (que no se debe confundir con la “neutralización” por hidrólisis) utiliza pequeñas cargas explosivas huecas para abrir la munición y desmantelar la cadena de fuego de la misma. El agente es destruido posteriormente por neutralización (hidrólisis). El sistema EDS (*Explosive Destruction System*) del Ejército de EE.UU. es un ejemplo de esta tecnología. El EDS es un sistema autónomo, transportable, que tiene una vasija de contención de acero inoxidable de gruesas paredes, para soportar la explosión, y que, una vez destruida la munición procede a la hidrólisis del contenido. Los residuos son almacenados en bidones de 208 litros para su tratamiento posterior.
- La tecnología de destrucción térmica (*Thermal Destruction, TD*) emplea el calor generado, por calentamiento eléctrico, en una vasija de contención para quemar o detonar la munición, y destruir el agente químico y la carga explosiva. Los gases resultantes son tratados mediante un sistema especial de tratamiento de gases. La cámara de detonación estática (*Static Detonation Chamber, SDC*) es un ejemplo de la tecnología de destrucción térmica.

### Destrucción convencional

A partir de los años cincuenta, el enterramiento y el vertido al mar que se habían utilizado con asiduidad empezaron a considerarse ambientalmente inadecuados, y se inició la destrucción de las armas químicas mediante técnicas ambientalmente aceptables, como la incineración y la hidrólisis.

Algunos datos publicados en 1997 relativos a la destrucción de armas químicas en el periodo comprendido entre los años 1958 y 1993, indican que aproximadamente un 66% (unas 9.600



toneladas) fueron destruidas por incineración, un 27% (unas 3.900 toneladas) por hidrólisis o neutralización y el 7% restante (unas 1.000 toneladas) por hidrólisis e incineración<sup>8</sup>.

### *Incineración*

La incineración es un método intrínsecamente atractivo para destrucción de compuestos orgánicos ya que éstos contienen átomos de carbono y de hidrógeno, y su combustión con el oxígeno del aire producen dióxido de carbono y agua. En el caso de los agentes químicos de guerra, debido a la presencia de otros átomos, como por ejemplo flúor, cloro, azufre, fósforo, nitrógeno y arsénico, se producen, además, otros gases, como, por ejemplo, cloruro de hidrógeno, dióxido de azufre (ambos en el caso de la iperita), pentóxido de fósforo (en el caso de los agentes neurotóxicos), fluoruro de hidrógeno (en algunos agentes neurotóxicos, como el sarín y el somán) y óxidos de nitrógeno (en algunos agentes neurotóxicos como el tabún, el VX y el VR).

Esto no limita que los agentes químicos de guerra sean considerados como combustibles y, por lo tanto, susceptibles de ser destruidos por incineración. Los productos resultantes de la incineración son mucho menos tóxicos que los productos iniciales y, además, en las instalaciones de incineración, los gases producidos son convenientemente filtrados y purificados antes de ser liberados a la atmósfera. En el caso de los compuestos que contienen arsénico hay problemas adicionales debido a la toxicidad intrínseca del propio arsénico, de modo que suele ser necesario fijarlo como parte de un bloque de cemento, o como parte de un material vítreo.

### *Hidrólisis (neutralización)*

La hidrólisis o neutralización implica la reacción del agente químico de guerra con los iones hidroxilo procedentes de una sustancia alcalina como, por ejemplo, hidróxido de sodio. La hidrólisis alcalina de la mayoría de los agentes neurotóxicos de guerra conduce a las sales sódicas de los ácidos alquilfosfónicos, con excepción de la hidrólisis alcalina del tabún, que conduce a las sales sódicas del ácido fosfórico. La iperita también puede ser neutralizada mediante reacción con agua caliente.

La principal desventaja de la hidrólisis alcalina es que requiere un gran volumen de reactivo de hidrólisis, y que produce un gran volumen de hidrolizado como producto final de desecho, que puede suponer más de cinco veces el volumen inicial del agente a hidrolizar.

En todos los casos, el hidrolizado final requiere un tratamiento adicional para cumplir con los requerimientos actuales de vertido al medio ambiente. Este tratamiento adicional puede ser

---

<sup>8</sup> PEARSON, Graham S. y MAGEE, Richard S., "Critical evaluation of proven chemical weapon destruction technologies (IUPAC Technical Report)", *Pure and Applied Chemistry*, 2002, vol. 74, núm. 2, 187-316.

un proceso de incineración, o el empleo de nuevas tecnologías como la biodegradación o la oxidación con agua en estado supercrítico.

### Biodegradación

En algunos casos el hidrolizado puede someterse a un tratamiento biológico similar al empleado en las estaciones de depuración de aguas residuales de las grandes ciudades.

El hidrolizado procedente, por ejemplo, de la hidrólisis de la iperita con una disolución de hidróxido sódico, se neutraliza para conseguir un pH neutro y permitir así su digestión bacteriana. En grandes tanques que contienen los microorganismos de degradación, el hidrolizado es digerido en un proceso que dura varios días. Finalmente, el agua depurada se recicla y los residuos constituidos por sales y biolodos son convenientemente tratados para permitir su vertido.

### Oxidación en agua supercrítica

Entre las nuevas tecnologías desarrolladas para la destrucción de armas químicas se encuentra la oxidación en agua supercrítica (*Supercritical Water Oxidation, SCWO*), que emplea altas temperaturas y presiones, para utilizar las propiedades especiales que tiene el agua en estado supercrítico para la destrucción de los compuestos orgánicos.

En condiciones supercríticas para el agua, 374°C y 221 bares (218 atm), se consigue la transformación del carbono en dióxido de carbono, del hidrógeno en agua, del cloro en cloruro, del nitrógeno en nitrato, del azufre en sulfato y del fósforo en fosfato.

El agua supercrítica tiene propiedades únicas y muy diferentes a las del agua a temperatura ambiente. Las sales y otros compuestos polares que son normalmente solubles en agua, en condiciones supercríticas disminuyen drásticamente su solubilidad y precipitan. Por otro lado, los compuestos orgánicos no polares, que normalmente resultan inmiscibles con el agua, se solubilizan totalmente en agua en estado supercrítico, de modo que se facilita enormemente el proceso de oxidación por parte del oxígeno del aire.

La planta piloto de destrucción de armas químicas de Blue Grass en EE.UU. emplea un proceso en dos etapas para la destrucción de las armas químicas allí almacenadas. El primer paso consiste en un proceso de hidrólisis para neutralizar al agente químico. Una vez desmantelada la munición y separado el agente químico de la carga explosiva, éstos se tratan por separado con agua o con una solución de hidróxido sódico para conseguir su hidrólisis. El hidrolizado almacenado temporalmente se somete luego a un segundo tratamiento por "oxidación con agua en estado supercrítico". Aquí el hidrolizado se mezcla con agua y aire en un recipiente estanco y se somete a una elevada presión y temperatura,

de modo que se consigue la destrucción total gracias a las especiales propiedades del agua en estado supercrítico.

## LA DESTRUCCIÓN DE LAS ARMAS QUÍMICAS EN SIRIA

La CAQ en su artículo I sobre “Obligaciones generales” indica claramente: “Cada Estado Parte en la presente Convención se compromete, cualesquiera que sean las circunstancias, a no desarrollar, producir, adquirir de otro modo, almacenar o conservar armas químicas ni a transferir esas armas a nadie, directa o indirectamente”. Es decir **cualquiera que sean las circunstancias no se pueden transferir armas químicas a nadie, directa o indirectamente**, ni siquiera para su destrucción en el territorio de otro Estado Parte. La opción de llevarlas a puerto para embarcarlas con destino a cualquier lugar fuera del territorio del Estado Parte, debería quedar en principio totalmente descartada, si nos atenemos al texto de la Convención.

Por otro lado, la Parte IV (A) del Anexo sobre la aplicación y la verificación de la Convención, que trata la “Destrucción de armas químicas y su verificación, de conformidad con el artículo IV”, también tiene otros condicionantes a respetar a la hora de llevar a cabo la destrucción, como son la presentación del plan general para la destrucción de las armas químicas, el orden de destrucción y la modificación de los plazos intermedios de la misma.

### Presentación del plan general para la destrucción de las armas químicas: orden y plazos de destrucción

El párrafo 6 de la Parte IV (A) del Anexo de la Convención indica: “En el plan general para la destrucción de las armas químicas [...] se indicará en líneas generales la totalidad del programa nacional de destrucción de armas químicas del Estado Parte y se proporcionará información sobre los esfuerzos del Estado Parte por cumplir las exigencias de destrucción estipuladas en la presente Convención. En el plan se especificará:

- a) Un calendario general para la destrucción, en el que se detallarán los tipos y las cantidades aproximadas de armas químicas que se tiene el propósito de destruir en cada período anual en cada instalación de destrucción de armas químicas existente y, de ser posible, en cada instalación de destrucción de armas químicas proyectada;
- b) El número de instalaciones de destrucción de armas químicas existentes o proyectadas que estarán en funcionamiento durante el período de destrucción;
- c) Respecto de cada instalación de destrucción de armas químicas existente o proyectada:
  - i) Nombre y ubicación; y

- ii) Los tipos y cantidades aproximadas de armas químicas y el tipo (por ejemplo, agente neurotóxico o agente vesicante) y la cantidad aproximada de carga química que ha de destruirse;
- d) Los planes y programas para la formación del personal encargado del funcionamiento de las instalaciones de destrucción;
- e) Las normas nacionales de seguridad y emisiones a que han de ajustarse las instalaciones de destrucción;
- f) Información sobre el desarrollo de nuevos métodos para la destrucción de armas químicas y la mejora de los métodos existentes;
- g) Las estimaciones de costos para la destrucción de las armas químicas; y
- h) Cualquier problema que pueda influir desfavorablemente en el programa nacional de destrucción”.

En su párrafo 15 se indica: “El orden de destrucción de las armas químicas se basa en las obligaciones previstas en el artículo I y en los demás artículos, incluidas las obligaciones relacionadas con la verificación sistemática *in situ*. Dicho orden tiene en cuenta los intereses de los Estados Parte de que su seguridad no se vea menoscabada durante el período de destrucción; el fomento de la confianza en la primera parte de la fase de destrucción; la adquisición gradual de experiencia durante la destrucción de las armas químicas; y la aplicabilidad, con independencia de la composición efectiva de los arsenales y de los métodos elegidos para la destrucción de las armas químicas. El orden de destrucción se basa en el principio de la nivelación”.

Además, el párrafo 16 indica: “A los efectos de la destrucción, las armas químicas declaradas por cada Estado Parte se dividirán en tres categorías:

Categoría 1: Armas químicas basadas en las sustancias químicas de la Lista 1 y sus piezas y componentes;

Categoría 2: Armas químicas basadas en todas las demás sustancias químicas y sus piezas y componentes;

Categoría 3: Municiones y dispositivos no cargados y equipo concebido específicamente para su utilización directa en relación con el empleo de armas químicas”.

También resulta relevante lo indicado en el párrafo 20: “El Consejo Ejecutivo examinará los planes generales para la destrucción de armas químicas, presentados en cumplimiento del inciso v) del apartado a) del párrafo 1 del artículo III y de conformidad con el párrafo 6, entre otras cosas, para evaluar su conformidad con el orden de destrucción estipulado en los párrafos 15 a 19. El Consejo Ejecutivo celebrará consultas con cualquier Estado Parte cuyo plan no sea conforme, con el objetivo de lograr la conformidad de ese plan”.

## Situación actual

La destrucción de las armas químicas sirias de Categoría 3 comenzó ya durante el proceso de inspección de las instalaciones declaradas. Los inspectores aprovecharon su visita para verificar estas instalaciones para, al mismo tiempo, supervisar y verificar la destrucción de municiones y dispositivos no cargados. Es importante aclarar que los inspectores de la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ)<sup>9</sup> no realizaron ninguna actividad de destrucción, tal y como han indicado algunas informaciones aparecidas en medios de comunicación, sino que verificaron que el personal sirio encargado de realizar la destrucción, la llevaba a cabo conforme a lo estipulado en la CAQ. Esta destrucción no supone ni gran dificultad técnica, ni gran carga de trabajo, pues consiste en utilizar martillos, taladradoras, amoladoras y palas excavadoras, entre otros, para destruir las tuberías, sistemas de control o recipientes de las instalaciones de producción, mezclado y llenado, inutilizándolas de esta manera<sup>10</sup>.

La Misión Conjunta OPAQ-ONU confirmó el jueves 31 de octubre que el gobierno sirio había completado la destrucción funcional del equipo crítico para todas sus instalaciones declaradas de producción de armas químicas y plantas de mezclado y llenado, haciéndolas inoperables<sup>11</sup>. Así cumplía el plazo fijado por el Consejo Ejecutivo de la OPAQ para completar “tan pronto como sea posible y en cualquier caso no más tarde del 1 de noviembre de 2013, la destrucción de todos los equipos de producción y mezclado/llenado de armas químicas”<sup>12</sup>.

Además, la misión conjunta de la OPAQ- ONU ha inspeccionado 21 de los 23 sitios declarados por Siria y 39 de las 41 instalaciones ubicadas en esos sitios. Los dos sitios restantes no fueron visitados por motivos de seguridad. Siria declaró esos sitios como abandonados y que todo su contenido había sido trasladado a otros sitios declarados e inspeccionados. Estas 41 instalaciones declaradas por Siria incluyen: 18 instalaciones de producción (que, a su vez, incluyen instalaciones de llenado), 12 instalaciones de almacenamiento, 8 instalaciones móviles de llenado y 3 instalaciones relacionadas con armas químicas.

Si bien los sistemas de producción, llenado y mezclado presentes en estas 41 instalaciones han sido inutilizados, la destrucción definitiva, probablemente mediante voladura controlada de las mismas, está aún pendiente y tendrá que realizarla el Gobierno sirio también bajo verificación de inspectores de la OPAQ.

---

<sup>9</sup> La OPAQ es la organización, con sede en La Haya, encargada por velar por el cumplimiento de las disposiciones de la CAQ.

<sup>10</sup> United Nations Security Council, S/2013/629, Letter dated 28 October 2013 from the Secretary-General addressed to the President of the Security Council.

<sup>11</sup> La Misión Conjunta OPAQ-ONU fue establecida por el Director General de la OPAQ y el Secretario General de la ONU el 16 de octubre. La Misión está liderada por una Coordinadora Especial, Sigrid Kaag.

<sup>12</sup> La Decisión EC-M-33/DEC.1 del Consejo Ejecutivo de la OPAQ está disponible en [http://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/EC/M-33/ecm33dec01\\_e\\_.pdf](http://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/EC/M-33/ecm33dec01_e_.pdf). Fecha de la consulta 2.11.2013.

El siguiente hito en el proceso de destrucción de las armas químicas en Siria debe producirse antes del 15 de noviembre, cuando el Consejo Ejecutivo de la OPAQ apruebe el plan detallado de destrucción presentado por Siria el jueves 24 de octubre para eliminar su arsenal de armas químicas<sup>13</sup>. La Coordinadora Especial que lidera la Misión Conjunta OPAQ-ONU en Siria, Sigrid Kaag, está actualmente realizando consultas con las autoridades sirias, la OPAQ y la ONU, con el fin de establecer una lista detallada de requerimientos de ayuda, tanto para el Gobierno sirio como para la propia Misión Conjunta, necesarios para llevar a cabo la destrucción bajo verificación de la OPAQ de todas las armas químicas de Siria antes de la primera mitad de 2014.

### CONSIDERACIONES FINALES: LA UNIVERSALIDAD DE LA CAQ

La OPAQ, ahora galardonada con el Premio Nobel de la Paz de 2013, está cada vez más cerca de conseguir un mundo libre de armas químicas, al estar más cerca de alcanzar su “universalidad”. Faltarían seis países por acceder a la CAQ: Angola, Corea del Norte, Egipto, Israel, Myanmar y Sudán del Sur. Sin embargo, para conseguir este mundo libre de armas químicas, el texto de la CAQ debería aplicarse a todos los Estados Parte por igual, pues el acceso la Convención también obliga a todos los Estados Parte por igual.

En lo que respecta a la destrucción total de las armas químicas en los Estados Parte, ésta debería haber finalizado diez años después de la entrada en vigor de la Convención, el 29 de abril de 2007. Pero este plazo no se ha cumplido. Es más, la CAQ permite una prórroga de 5 años, hasta el 29 de abril del 2012, pero el plazo ha expirado y la destrucción a fecha de hoy no ha finalizado.

Rusia, a 31 de mayo de 2013, había destruido más del 73,77 % de sus armas químicas y esperaba finalizar la destrucción de sus algo más de 10.483 toneladas en diciembre de 2015, mientras que EE.UU., a la misma fecha, había destruido el 89,75 % y esperaba finalizar en septiembre de 2023 la destrucción de las algo más de 2.845 toneladas que le faltan por destruir<sup>14</sup>.

Libia, que accedió a la CAQ en enero de 2004, declaró algo más de 26 toneladas de mostazas de azufre, junto a otros precursores, municiones y componentes, así como tres plantas de producción. Ha destruido, a fecha 31 de mayo de 2013, el 84,63 % de los agentes químicos y dos de las tres plantas de producción, pero no prevé finalizar sus operaciones de destrucción hasta diciembre de 2016.

<sup>13</sup> OPCW, “Syria submits its initial declaration and a general plan of destruction of its chemical weapons programme”, 27 de octubre de 2013, disponible en <http://www.opcw.org/news/article/syria-submits-its-initial-declaration-and-a-general-plan-of-destruction-of-its-chemical-weapons-pro/>. Fecha de la consulta 2.11.2013.

<sup>14</sup> Note by the Director-General, Overall progress with respect to the destruction of the remaining chemical weapons stockpiles, EC-73/DG.8, 3 de julio de 2013.



Cuando Iraq accedió a la CAQ, en febrero del 2009, declaró dos búnkeres con municiones químicas cargadas y sin cargas, algunos precursores, así como cinco instalaciones de producción de armas químicas. En aquel momento no se anunciaron planes para su destrucción, aunque se hizo hincapié que los búnkeres estaban dañados a causa de la guerra en 2003 y que la inspección de los mismos debía planearse cuidadosamente. La mayoría de las armas químicas iraquíes fueron destruidas bajo un programa de la ONU después de la guerra del Golfo de 1991. Puesto que la CAQ no permite la destrucción por enterramiento, actualmente se está trabajando en cómo realizar un reconocimiento del interior de los búnkeres para estudiar las condiciones de seguridad y proceder después a un plan de inventariado y destrucción.

Si bien el uso demostrado de armas químicas en el conflicto sirio urge a una rápida eliminación de la capacidad química presente en Siria, este proceso de destrucción no debe suponer en ningún momento una modificación “a la carta” de la CAQ para este nuevo Estado Parte. El realizar interpretaciones “forzadas” de las disposiciones de la Convención puede debilitar este tratado internacional, considerado como una de las principales herramientas de no proliferación y desarme. Además, es importante tener en cuenta que las acciones actuales que se lleven a cabo en Siria, podrían sentar precedentes para un futuro próximo, sobre todo teniendo en cuenta que todavía quedan seis países pendientes de acceder a la Convención, algunos posiblemente poseedores de armas químicas.

i

*Juan Domingo y René Pita \**  
*Depto. Defensa Química*  
*Jefatura Escuela Militar Defensa NBQ*  
*Academia Ingenieros ET*

---

**\*NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos de Opinión* son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.