

# Pasado y presente de las armas químicas: consecuencias para la vida y el medio ambiente

## *Past and Present of Chemical Weapons: Consequences for Life, and the Environment*

**Manuel Damián Cantero Berlanga**

Universidad Católica de Murcia UCAM.

damiancb952@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-3095-3510>

**María Méndez Rocasolano**

Universidad Católica San Antonio de Murcia UCAM.

mmrocasolano@ucam.edu | <https://orcid.org/0000-0002-5345-8352>

DOI: <https://doi.org/10.14201/cp.31811>

Recibido: 14-11-23 | Aceptado: 16-01-24

### **Resumen**

Las armas químicas han sido utilizadas a lo largo de la Historia con devastadores efectos en la población civil y el medio ambiente. Esta investigación abordará el tratamiento que reciben las armas químicas, su origen, clasificación y regulación en la Convención sobre Armas Químicas (CWC), así como sus efectos en la población y en el medioambiente. Este sistema busca así establecer un régimen de control con la finalidad de prevenir la proliferación de este tipo de sustancias, así como regular su comercio entre los Estados Parte. A continuación, se explorarán los métodos utilizados para la destrucción de las armas químicas y su eliminación segura. Por último, se advertirá sobre el impacto ambiental de las armas químicas y sus efectos devastadores, tales como la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas o en la flora y la fauna de la zona.

### **Palabras clave**

Armas químicas; Convención sobre armas Químicas de 1993; Destrucción de las armas químicas; Medio Ambiente; Seguridad; TEDAX.

## Abstract

Chemical weapons have been used throughout history with devastating effects on the civilian population and the environment. This research will address the treatment of chemical weapons, their origin, classification and regulation in the CWC, as well as their effects on the population and the environment. This system thus seeks to establish a control regime with the aim of preventing the proliferation of this type of substances, as well as to regulate their trade among the States Parties. The methods used for the destruction of chemical weapons and their safe disposal will then be explored. Finally, the environmental impact of chemical weapons and their devastating effects, such as contamination of soil and ground-water or on the flora and fauna of the area, will be discussed.

## Keywords

Chemical weapons; Chemical Weapons Convention of 1993; Destruction of chemical weapons; Environment; Security; TEDAX.

# 1

## Introducción

---

Desde los anales de la Historia se tiene constancia del uso de sustancias químicas con fines bélicos, lo que ha desembocado, por otra parte, en un importante desarrollo de la investigación y que ha contribuido, inevitablemente, al avance de la Ciencia y, por ende, el de la humanidad, aunque, como veremos más adelante, con efectos no siempre positivos.

En este sentido, la génesis y naturaleza de las armas químicas radica en su uso para causar daño, bien sea a personas, animales, plantas o ecosistemas en su conjunto. Es por ello por lo que el uso de armas químicas en las contiendas ha sido habitual desde la antigüedad y, como consecuencia del desarrollo tecnológico, ha ido incrementando sus efectos adversos y la extensión territorial de sus efectos.

Al mismo tiempo, el uso de químicos no es inherente al ámbito militar, sino que también es ampliamente utilizado por la indus-

tria, pero, a diferencia de los primeros, el principal perjudicado en este caso es el ecosistema.

De esta manera, las armas químicas pueden tener diversas formas de atacar al cuerpo humano (causando daños en los tejidos biológicos, afectando al sistema nervioso o a órganos vitales, entre otros) y al medioambiente (contaminación de los ecosistemas marinos, deforestación o extinción de especies animales), lo que pone de manifiesto su peligrosidad.

Debido a ello la Comunidad Internacional ha realizado denodados esfuerzos por su erradicación dando origen a una prolífica legislación internacional, siendo necesario centrar el foco en su destrucción o neutralización, estableciendo procedimientos que eliminen la letalidad de éstas en complejos adecuados y por métodos que aseguren o minimicen los daños a las personas y al medio ambiente.

En este sentido, los Estados han destinado numerosos recursos para minimizar los daños ocasionados y evitar en el futuro que tales situaciones se puedan volver a producir, al regularizar su uso y producción.

En España, concretamente cabe resaltar la labor de los TEDAX cuya función, al intervenir y actuar ante la presencia de estos agentes nocivos, permite salvaguardar la integridad de los ciudadanos y desarrollar las tecnologías que minimicen sus efectos en el medio ambiente, fruto del análisis e investigación de sus mecanismos, elementos y restos.

## 2 Las armas químicas en la antigüedad

Las armas químicas, como señalan Prokop, Opluštil, DeFrank y Damborský (2006) se han utilizado durante milenios y, como consecuencia de aquello, se han hallado pruebas de su existencia en la antigüedad y en la época clásica, destacando el uso de venenos de origen animal o de vegetal.

Tal es así que se han documentado numerosos casos de uso de armas químicas en diferentes culturas y civilizaciones. Si bien, aunque estos primeros intentos no eran tan sofisticados como las armas químicas modernas, demuestran el conocimiento temprano de los efectos destructivos de ciertas sustancias químicas como, por ejemplo, el curare amazónico, cuyos efectos dañinos afectaban tanto a las personas como al entorno natural.

Así, como señala Mayor (2020) atendiendo a los estudios realizados por el arqueólogo británico Simon James de la Universidad de Leicester, encontró una de las primeras evidencias (siglo III a.C.) de armas químicas usadas por las tropas del Imperio persa que utilizaron gases venenosos durante el sitio de *Dura* (situada al este de Siria). En esta contienda los persas prendieron betún y cristales de azufre en los túneles de los enemigos y los gases originados durante la ignición fueron aspirados por los sitiados, que perecían en escasos minutos.

En la antigua China, el filósofo Mo Zi ya recomendaba lanzar un tipo de antorchas (a las que incorporaban arsénico, azufre o betún para producir mezclas incendiarias o explosivas) en las minas que el enemigo cavaba donde los hostiles perdían la vida como consecuencia de los gases emanados, erigiéndose como una práctica común hasta casi el año 1000 de nuestra era. De esta manera, los distintos emperadores de China –al evidenciar el éxito de estas nuevas maneras de hacer la guerra– ordenaron el desarrollo de técnicas con el objeto de producir humo tóxico y desorientar o asfixiar a los enemigos durante las batallas. Todas estas tácticas se ponen de manifiesto en el aclamado libro *El arte de la guerra* de Sun Tzu conforme a la investigación llevada a cabo por Shua (2019). En este Tratado militar se ejemplifica, por primera vez, el uso, de forma masiva, de armas químicas contra población civil con la intención de mostrar que, para ganar una guerra, no hace falta destruir al enemigo, sino atacar su cadena de suministros o bases de abastecimiento, ya que en ello radica el valor intrínseco de las armas químicas y que, actualmente, hemos podido observar en la Guerra de Ucrania conforme al relato de Hernández (2023).

Igualmente, Spanevello y Suárez (2011) describieron que ya en la India se empleó el veneno de origen animal para la creación de armamento bélico. De ello ha quedado constancia en tra-

tados militares como el *Arthashastra* escrito en el siglo IV a. C por el estratega y gobernante Chanakya, dónde se describen diversas técnicas para el envenenamiento de pozos de agua.

En Occidente, señala Pons (2006) que durante el periodo de la Grecia Clásica se utilizaron diferentes sustancias venenosas en conflictos militares (como, por ejemplo, flechas y lanzas envenenadas con veneno de serpiente o humos tóxicos para operaciones de asedio) y que fueron adoptadas y perfeccionadas por estadistas militares romanos. Por su parte, destaca Trigo (2023) que un hito remarcable fue el llevado a cabo por el mal llamado Imperio Bizantino, dónde se valieron de la innovación y desarrollo tecnológico para la creación de armas químicas que, especialmente el uso del fuego griego (cuya fórmula ha sido perdida), jugaron un rol decisivo en las batallas navales dónde los barcos sucumbían ante la imposibilidad de extinguir las llamas.

Más adelante, durante el Renacimiento, se redescubrió el uso de las armas químicas. Así Leonardo da Vinci propuso el uso de polvo de sulfuro de arsénico y verdín en el siglo XVI durante los combates. Concretamente, como expone Otero (2022) proponía arrojar el veneno (compuesto por yeso, polvo de sulfuro de arsénico y verdín molido) en forma de polvo sobre las galeras, dónde los soldados lo inhalaban y resultaban asfixiados.

Finalmente, no podemos olvidar que el conocimiento y el uso de armas químicas en la antigüedad eran limitados en comparación con las armas químicas modernas. De modo que, como defiende González-Hernández (2021), la eficacia y la sofisticación de estas armas se fueron desarrollando con el tiempo, especialmente a partir de la Revolución Industrial en el siglo XIX.

### 3

#### **Sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y su destrucción**

Tal y como enuncia Barberis (2017) y De Fortuny (2015) la Convención sobre Armas Químicas (en adelante, CWC) es am-

pliamente reconocida como uno de los tratados más exhaustivos en materia de control de armamento y su alcance abarca la no proliferación, el desarme y medidas de fomento de la confianza y seguridad.

Esto se evidencia en las obligaciones generales establecidas en su Artículo I<sup>1</sup>, dónde Estado Parte se compromete a abstenerse en el desarrollo, adquisición o almacenaje de armas químicas o a su utilización para fines bélicos. Al mismo tiempo, Pita (2011) indica que se impone la obligación de su destrucción y de la eliminación de las instalaciones creadas para tales fines. En consecuencia y como se venía analizando, la CWC se perfila como un texto integral que prohíbe el desarrollo, producción, almacenamiento, transferencia y empleo de armas químicas, lo cual lo convierte en un tratado de no proliferación. Además, impone a los Estados Parte que poseen armas químicas la obligación de destruirlas, lo que también lo convierte en un Tratado de desarme.

Sin embargo, no podemos olvidar que algunas de estas sustancias químicas proporcionan una gran función a la comunidad científica y por ende a la sociedad. Ya que no solo se utilizan para elaborar armas potencialmente mortales, sino que además pueden usarse en experimentación contribuyendo al desarrollo y avance del conocimiento. Es por ello por lo que la CWC únicamente prohíbe su uso con fines bélicos, permitiendo su utilización con fines científicos (atendiendo en todo caso a criterios estrictamente restrictivos en cuanto a su uso, cantidades máximas permitidas y prohibiciones de exportación). Dichos límites se encuentran divididos en relación con el régimen de peligrosidad de los compuestos, estableciendo la lista de clasificación tripartita.

A su vez, como apunta De Salazar Serantes (2013), la CWC cuenta con un Anexo en el que se incluyen diversas listas de sustancias químicas tóxicas sujetas a medidas de verificación que, en origen, fueron utilizadas o producidas como armas.

---

1. Vid. Art. I CWC.

### 3.1 Lista 1

En su análisis, Riba (2005) advierte que la primera lista destaca por su controversia ya que en ésta se recogen las sustancias químicas tóxicas (incluidos sus precursores) que se han desarrollado, producido, almacenado o empleado como armas químicas planteando un peligro grave para el objetivo o propósito de la CWC al tener escasa o nula utilidad para los fines no prohibidos por la CWC.

En cuanto a la transferencia, se advierte que los Estados parte solo pueden transferir sustancias químicas de la Lista 1 a otro Estado Parte para fines de investigación, médicos, farmacéuticos o de protección, estando prohibida la transferencia de estas sustancias a un tercer Estado. En caso de que dicha transferencia se efectuase y quebrantase lo estipulado por la convención, la Secretaría Técnica será notificada por ambas partes 30 días antes de la transferencia (excepto si se trata de menos de 5 miligramos de saxitoxina para fines médicos o diagnósticos).

De este modo, cada Estado Parte debe presentar cada año una declaración pormenorizada sobre las transferencias realizadas el año anterior, en la cual se ha de incluir información sobre el nombre químico (fórmula estructural y número de registro del *Chemical Abstracts Service*), la cantidad adquirida de otros Estados o transferida a otros Estados Parte y el destinatario, la cantidad y la finalidad de cada transferencia.

Sin perjuicio de lo anterior, es importante señalar que serán las normas nacionales las que deberán establecer la seguridad, producción y emisión debiendo priorizar la salud de la población y la protección del medio ambiente mediante el establecimiento de mecanismos limitadores (como la prohibición de una operación continua de las líneas de producción o limitando la producción en recipientes de reacción y sus volúmenes, pudiendo producirse solo en instalaciones únicas de pequeña escala).

En definitiva, tal y como se ha venido advirtiendo la normativa internacional aplicable permite la producción de sustan-

cias químicas de la Lista 1 pero limita sus fines y volumen de producción e impone severas prohibiciones a laboratorios que tienen restricciones adicionales en cuanto a la cantidad total permitida.

### 3.2 Lista 2

En la segunda Lista, como enuncia Cervell (2003) se alude a todas aquellas sustancias químicas producidas con fines comerciales no prohibidos por la CWC al establecer un mecanismo de control basado en la solicitud de información que se hace en relación con el año anterior (es decir, no requiere autorización, sino notificaciones correspondientes al año anterior acerca de las cantidades de cada sustancia química de la Lista 2) sobre las sustancias producidas, elaboradas, consumidas, importadas y exportadas, así como una especificación cuantitativa de las importaciones y exportaciones respecto de cada país interesado.

En contraposición con la notificación anteriormente mencionada para la Lista 1, la Lista 2 impone a los Estados Parte la obligación de presentar declaraciones anuales correspondientes al año anterior que incluyan datos nacionales sobre la producción, elaboración, consumo, importación y exportación de cada sustancia química de la Lista 2<sup>2</sup>.

Al mismo tiempo, se imponen obligaciones<sup>3</sup> a los complejos industriales en los cuales se hayan producido, elaborado o con-

2. Toda esta información, en un primer momento, será proporcionada por medio de declaraciones sobre las cantidades importadas y exportadas con cada país interesado, que serán elaboradas 30 días después de la entrada en vigor de la Convención, y posteriormente se deberán elaborar declaraciones anuales 90 días tras la finalización del año anterior.
3. Los requisitos de Declaración para aquellas actividades relacionadas con las sustancias de la Lista 2 son mucho más permisivo, solicitando que las actividades previstas sean a más tardar declaradas 60 días antes del comienzo del calendario del año siguiente (pudiendo ser presentada con 5 días de antelación si ya se hubiese presentado la declaración anual). De igual manera, no es necesario presentar la declaración de conformidad de las mezclas con baja concentración de una sustancia química de la



sumido dichas sustancias durante cualquiera de los tres años del calendario anterior o se prevea que vayan a producir, elaborar o consumir cantidades específicas de sustancias químicas de la Lista 2 y que se concretan en presentación de declaraciones iniciales y anuales<sup>4</sup>.

Además, y de manera opuesta a la primera casuística relatada que prohibía la automatización de los procesos de extracción de las sustancias químicas, el punto 6º de la parte VII, se permite una vía para las declaraciones de un complejo industrial<sup>5</sup> (que deben incluir su nombre y el de su propietario, la ubicación y el número de plantas declaradas de acuerdo con lo dispuesto en la Parte VIII del anexo de la CWC, así como toda la información relativa a la capacidad de producción, almacenamiento, ubicación, actividades principales, etc.) dotando al sistema de una información completa sobre la fabricación de los productos manufacturados de la Lista 2.

Por otra parte, otra de las obligaciones establece que cuando se declare un complejo industrial se deberá incluir la información de cada sustancia química de la Lista 2 siempre y cuando rebase el umbral de declaración con mención al nombre químico y para el caso de tener que elaborar la declaración anual sobre actividades anteriores, se deberá prever las cantidades que fuera a elaborar o consumir el complejo industrial durante el calendario siguiente, así como sus finalidades.

Al mismo tiempo, cada Estado Parte tiene la obligación de declarar todos los complejos industriales que hayan producido,

---

Lista 2 (excepto cuando se considera que la facilidad de recuperación o atendiendo a su peso pueda ser peligroso). Cfr. Art. VIII, párrafo 21, apartado i).

4. Atendiendo a los límites para la presentación de declaraciones varían según las cantidades de sustancias químicas producidas, elaboradas o consumidas en los años anteriores o previstas para el próximo año calendario de: a) 1 kg de una sustancia química designada “\*” en la parte A de la Lista 2; b) 100 kg de cualquier otra sustancia química enumerada en la parte A de la Lista 2; o c) 1 tonelada de una sustancia química enumerada en la parte B de la Lista 2.
5. Se entiende por complejo industrial (factoría, explotación) la integración local de una o más plantas, con cualquier nivel administrativo intermedio, bajo un solo control operacional y con una infraestructura común.

en cualquier momento desde el 1 de enero de 1946, una sustancia química de la Lista 2 para fines bélicos, proporcionando la Secretaría técnica a los Estado Parte una lista que contenga toda la información relativa a los complejos industriales declarados, en caso de solicitud.

Todos estos requisitos garantizan la transparencia y el intercambio de información sobre las actividades relacionadas con dichas sustancias químicas y garantizan que solo serán transferidas a los Estado Parte o recibidas de éstos.

No obstante, cabe resaltar que, a nuestro juicio es una limitación muy vaga, ya que 193 de los 195 Estados reconocidos por las Naciones Unidas son parte de esta convención y deja a cantidad de Estados al margen de estas obligaciones.

Finalmente, respecto de las transferencias a Estados no parte de la convención, se insta a que cada Estado adopte las medidas necesarias para que las sustancias químicas transferidas se destinen únicamente a fines no prohibidos por la Convención<sup>6</sup>.

### 3.3 Lista 3

Concluyendo esta parte de la investigación, observamos que la Lista 3 recoge las sustancias químicas que se producen en grandes cantidades para fines no prohibidos, lo que obliga como defiende Gómez (2016) a los Estados parte a hacer declaraciones anuales sobre sus actividades relacionadas con la defensa química y con la producción, consumo y transferencia de estas sustancias.

Con relación a esta lista, se presenta la obligación de comunicar los datos nacionales del año anterior, pero dicho control es aún más laxo que el enunciado en la Lista 2 (sin embargo, los

---

6. Lo que se llevará a cabo por medio de un certificado en el que se haga constar, respecto de las sustancias químicas transferidas: a) La prohibición de su uso para fines prohibidos por la Convención; b) Que no serán transferidas de nuevo; c) Los tipos y cantidades de esas sustancias químicas; d) Certificado de conocimiento del uso o usos de las sustancias y e) El nombre y la dirección de aquellos usuarios que sean los destinatarios del producto.

complejos industriales que pretendan la producción o vayan a producir sustancias de la Lista 3 deben ser declarados cuando inicien su actividad y, en todo caso, anualmente). Asimismo, y por su baja peligrosidad, no se incluye la obligación de declaraciones de conformidad para aquellas sustancias químicas que presenten una baja concentración. Si bien deberán presentarse dichas declaraciones cuando puedan suponer un peligro según su cantidad o por su facilidad de recuperación.

Cabe mencionar que entre las obligaciones a la hora de declarar un complejo industrial (haciéndose extensible a todos aquellos originados a partir del 1 de enero de 1946) respecto a la Lista 3, se debe incluir cierta información, como la cantidad de sustancia producida en el año anterior (expresando las cuantías en ciertos tramos cuyo mínimo es de 30 toneladas y cuyo tramo máximo es más de 100.000 toneladas).

Por otra parte, la CWC establece que se deben establecer ciertas medidas con la transferencia de sustancias químicas de la Lista 3 a Estados no Parte en la convención. De modo que cada Estado Parte debe tomar medidas para garantizar que dichas sustancias se utilicen exclusivamente para fines permitidos y, para asegurarse de esto, el Estado Parte que realiza la transferencia exigirá al Estado receptor un certificado<sup>7</sup>.

Todas estas medidas tienen como objetivo garantizar la trazabilidad, previniendo la transferencia inadecuada o el uso indebido de sustancias químicas de la Lista 3, y que resultan similares a aquellas de la Lista 2, aunque de menor entidad (por ejemplo, la convención establece que cinco años tras la entrada en vigor de la convención se podrán aplicar otras medidas para estas sustancias químicas).

En cierre, podemos aseverar que las principales diferencias entre la Lista 1, la Lista 2 y la Lista 3 se refieren a la clasificación de las sustancias químicas y su régimen de control. Las sustancias de la Lista 1 son sustancias químicas tóxicas que tienen

---

7. Dicho certificado deberá incluir, al menos, los siguientes aspectos y finalidades: a) que se utilizarán solo para fines permitidos por la convención; b) la prohibición de transferirlas nuevamente; c) los tipos y cantidades de las sustancias químicas; d) el uso final de las mismas; y e) el nombre y dirección del usuario final.

propiedades de guerra química y que tienen poco o ningún uso industrial legítimo (y, por ello, estas sustancias están prohibidas absolutamente, así como su producción, posesión y uso). Tras ello, la Lista 2 contiene sustancias químicas tóxicas que tienen un uso industrial legítimo, pero que también pueden utilizarse con fines de guerra química (y, por ello, están sujetas a medidas de control y verificación). Y por último la Lista 3 que comprende sustancias químicas que no tienen una utilización común para fines de guerra química, pero que podrían ser utilizadas para la producción de agentes químicos tóxicos (y que, como las anteriores, estarán sujetas a medidas de control y verificación, aunque en menor grado que las de la Lista 2).

## 4 Clasificación de las armas químicas y sus efectos nocivos

Al contrario de lo que ocurre con las armas convencionales, el uso de las armas químicas ha provocado un rechazo unánime de la comunidad política a nivel internacional. Es por ello por lo que la CWC define las armas químicas como aquellas que, conjunta o separadamente, se puedan encuadrar en los apartados que, a continuación, se analizarán conforme al estudio realizado previamente por Muñoz-Canales y Rodríguez-López (2021).

El primero de ellos está dedicado a 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). Seguidamente, el relativo a las municiones o dispositivos destinados de modo expreso a causar la muerte o lesiones mediante las propiedades tóxicas derivadas de las sustancias especificadas anteriormente. Y, en último lugar, aquel apartado dedicado a cualquier equipo destinado de modo expreso a ser utilizado directamente en relación con el empleo de las municiones o dispositivos especificados en el apartado.

Por su interés en la investigación, en los próximos apartados se procederá a realizar una clasificación de las citadas armas, describiendo sus tipos, riesgos y posibles efectos.

## 4.1 Agentes neurotóxicos

Los agentes neurotóxicos (que son utilizados como agente o componente principal en las llamadas armas químicas botulínicas), como define Velasco (2014), son sustancias químicas que afectan al sistema nervioso, interfiriendo en la transmisión de señales entre las células nerviosas. Estos agentes pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana tanto a corto como a largo plazo, ejemplo de ello pueden ser los gases nerviosos (como el gas sarín y el gas VX).

El principal componente de estos agentes son los compuestos organofosforados que se utilizan en pesticidas y en otros usos industriales. Estas sustancias actúan inhibiendo la enzima llamada acetilcolinesterasa, que es esencial para la función normal del sistema nervioso. De modo que, al inhibir esta enzima, los compuestos organofosforados causan una acumulación de la acetilcolina (un neurotransmisor), lo que lleva a una sobrestimulación de los receptores nerviosos y puede provocar síntomas como debilidad muscular, dificultad respiratoria, mareos, convulsiones e incluso la muerte (si bien, para ciertos compuestos organofosforados existen antídotos que tienen efectos contrarios como la atropina o las oximas que actúan desplazando el órgano fosforado), tal y como recoge en su estudio Manrique (2002).

Por último, atendiendo al origen de estos agentes neurotóxicos, Quinto (1999) señala que su uso es esencialmente militar ya que poseen la capacidad de interferir con la función del sistema nervioso, pese a que en la actualidad sean usados para fines agrícolas y sanitarios debido a sus propiedades insecticidas y fitosanitarias.

## 4.2 Agentes vesicantes

Los agentes vesicantes (también llamados agentes *blister*) actúan a nivel macroscópico y tienen la capacidad de provocar ampollas o vesículas en la piel, así como en las membranas mucosas y los ojos, cuando entran en contacto con ellos.

Uno de los principales agentes vesicantes es el gas mostaza (*iperita*, cuyo término alude a la región de Yprès donde fue utilizada por el Ejército Alemán en 1915), estudiado ampliamente por Zúñiga (2015). Este agente se presenta en estado líquido, aceitoso e incoloro (dependiendo su color y olor de las impurezas), volatilizándose fácilmente, con un olor similar al ajo o a mostaza, de ahí su nombre. El gas mostaza fue ampliamente utilizado durante la Primera Guerra Mundial a raíz de la cual fue considerado una sustancia prohibida y ampliamente condenada por la Comunidad Internacional –aunque no por ello ha cesado su utilización, como se ha puesto de manifiesto en el escenario bélico de la región de Siria–. Su efecto visible más notorio es su capacidad de causar graves quemaduras químicas en la piel produciendo ampollas, afectando a los pulmones y provocando lesiones oculares.

Otro agente vesicante son las llamadas *lewisitas*, las cuales fueron sintetizadas por el Capitán Lewis (militar de Estados Unidos durante los años 1917 y 1918) usando arsénico y cloro y cuyas consecuencias acarrearán ampollas y quemaduras en la piel, así como daños internos si se inhalan o se ingieren.

En tercer lugar, Jiménez (2005) sitúa los agentes nitrogenados como aquellos compuestos químicos que contienen nitrógeno (siendo los más destacados  $\text{HN}_1$ ,  $\text{HN}_2$  y  $\text{HN}_3$ ) y que causan ampollas y quemaduras en la piel, así como efectos sistémicos si se inhalan o se absorben.

No obstante, como dijimos al comienzo estas sustancias pueden tener efectos beneficiosos para el ser humano, incluso en el ámbito sanitario. Tal es así que el gas mostaza contribuyó al desarrollo de la quimioterapia, al descubrirse los notables efectos que tenía sobre la médula ósea, causando la supresión del sistema inmunológico y dañando las células que se dividen rápidamente, como las cancerosas. Esta investigación, tal y como recoge Camacho (2020) condujo al desarrollo de la primera clase de medicamentos quimioterapéuticos conocidos como agentes alquilantes (como la ciclofosfamida y el clorambucilo) y que supusieron un punto de partida para los tratamientos contra el cáncer, la cual ha ido evolucionando y desarrollando múltiples clases de procedimientos con diferentes mecanismos de acción.

### 4.3 Agentes sanguíneos

Schechter y Fry (2005) señalan que estos agentes, como su propio nombre indica, afectan directamente al sistema circulatorio y a la sangre, ya que están diseñados o bien para causar daño y disfunción en el sistema sanguíneo del organismo afectado, o bien para impedir el transporte de oxígeno produciendo finalmente la asfixia.

Éstos se clasifican en dos grupos, los simples (que físicamente desplazan al oxígeno, como el metano o el nitrógeno) y los químicos (los cuales interfieren con el transporte de oxígeno a nivel celular, causando hipoxia tisular<sup>8</sup>).

Los compuestos químicos más utilizados son los derivados del cianuro (como el cianuro de hidrógeno o el cianuro de potasio) que bloquean el transporte de oxígeno en el cuerpo. En concreto, el cianuro inhibe la enzima citocromo oxidasa, necesaria para el proceso de respiración celular promoviendo la anoxia tisular y en consecuencia, la muerte celular; la exposición al cianuro puede provocar asfixia y la muerte rápidamente. Cabe mencionar que Chauhan, D'cruz, Faruqi, Singh, Varma, Singh y Karthik (2008) afirman que el cianuro de hidrógeno se utiliza como precursor en la síntesis de muchos compuestos químicos, que van desde polímeros hasta plásticos, empleándose también en la industria farmacéutica y para la fumigación de barcos y edificios.

Un segundo ejemplo lo encontramos en el arsénico que afecta al sistema circulatorio y provoca daño en los glóbulos rojos y en los vasos sanguíneos, causando anemia, problemas cardiovasculares y daño en órganos vitales.

---

8. La hipoxia tisular se refiere a una insuficiencia de oxígeno en los tejidos del cuerpo que resulta en una disminución de la oxigenación celular puede desencadenar respuestas celulares y moleculares adversas que comprometen el funcionamiento normal de los tejidos y órganos, lo que puede llevar a un daño tisular considerable afectando a la salud en general.

Otro elemento utilizado en estos agentes es el fosgeno que, aunque se clasifica principalmente como un agente asfixiante, también puede causar daño en los tejidos pulmonares y provocar edema pulmonar, lo que puede llevar a una insuficiencia respiratoria grave.

Por último, Domingo y Pita (2014) incluyen el cloro. En su forma gaseosa es irritante para los pulmones y las vías respiratorias, provocando dificultad para respirar, tos, dolor en el pecho y edema pulmonar y finalmente asfixia.

#### 4.4 Agentes incapacitantes

246

Atendiendo a los agentes incapacitantes, García (2019) los define, en concordancia con lo establecido en la CWC, como cualquier sustancia química que no figure en una lista y que pueda producir rápidamente efectos sensoriales en los seres humanos, irritación o efectos físicos incapacitantes temporales y que tienen como objetivo principal incapacitar o deshabilitar temporalmente a las personas expuestas a ellas.

A diferencia de los agentes letales (que causan la muerte) los agentes incapacitantes buscan afectar el funcionamiento normal del sistema nervioso central o periférico, generando una variedad de efectos fisiológicos y neurológicos que limitan la capacidad de la persona para llevar a cabo acciones y tareas básicas. Un ejemplo de ello son los agentes lacrimógenos (como el gas pimienta) que provocan irritación en ojos, piel y garganta acarreando problemas respiratorios y náuseas y que suelen ser utilizados por las fuerzas policiales y antidisturbios en el cumplimiento de la ley para hacer frente a problemas de orden público y para la protección personal, tal y como especifica García (2019).

## 5

### Destrucción de las armas químicas y de sus instalaciones: efectos y consecuencias

Se entiende por destrucción de armas químicas conforme al artículo IV de la CWC, el proceso en virtud del cual las sustan-



cias químicas se convierten de forma irreversible en una materia inapropiada para la producción de armas químicas y que hace que las municiones y demás dispositivos sean inutilizables en cuanto tales de modo irreversible<sup>9</sup>.

De acuerdo con la CWC, se impone la obligación a cada Estado de determinar qué procedimiento se ha de seguir para conseguir la destrucción de las armas químicas (pero nunca con procedimientos como el vertido en una masa de agua, enterramiento o incineración a cielo abierto por considerar que no son adecuados para el fin que buscan y pueden provocar desastres para la salud humana y de los ecosistemas). Dicha obligación implica, como sostiene Bernachi (2022), que deben destruirse en instalaciones designadas y debidamente equipadas.

Para organizar la destrucción de las armas químicas, el CWC no sigue el criterio de lista tripartita que se ha analizado durante la realización de la presente investigación (Listas 1, 2 y 3), sino que crea 3 nuevas categorías. La Categoría 1 relativa a armas químicas basadas en sustancias químicas de la Lista 1 (la más peligrosa) así como sus piezas y componentes. A continuación. La Categoría 2, destinada a armas químicas basadas en todas las demás sustancias químicas y sus piezas y componentes. Y, finalmente la Categoría 3, que abarca todo tipo de municiones y dispositivos no cargados y equipo concebido específicamente para su utilización directa en relación con el empleo de armas químicas.

Dicho lo cual, la CWC marca distintos espacios temporales (ya que los plazos son marcados desde la entrada en vigor del CWC en el respectivo Estado Parte) para la eliminación de las armas químicas de acuerdo con la categoría de éstas, comenzando la destrucción de las armas químicas de la Categoría 1 dos años después a más tardar de la entrada en vigor del CWC, completándose la destrucción total de estas armas en los próximos diez años. En cuanto a la destrucción de las armas químicas de la Categoría 2 comenzará un año después, y se completará la destrucción cinco años después e incrementándose las cantidades de sustancias químicas que se destruyen anualmente en rela-

9. Vid. Art. IV CWC.

ción con el peso de éstas. Por último, en cuanto a las armas de la Categoría 3, comenzarán su destrucción un año después y se completará la destrucción cinco años después.

A este respecto, la CWC tiene una sección específica para la destrucción<sup>10</sup> de aquellas armas químicas que consideran antiguas, es decir aquellas producidas antes de 1925 (independientemente de su estado de conservación) y aquellas elaboradas entre 1925 y 1946 (las cuales se encuentran previsiblemente en tal estado que ya no pueden emplearse como armas químicas). Como consecuencia de tal estado de conservación y de su antigüedad, estas armas químicas pueden suponer un peligro potencial para la salud de los seres humanos y, bien sea directa o indirectamente, han de ser tratadas y destruidas con especial cuidado.

Otra categorización que se ha de tener en cuenta son las llamadas armas “abandonadas” que son aquellas armas químicas que hayan sido abandonadas por un Estado, después del 1 de enero de 1925 en el territorio de otro Estado, sin el consentimiento de este último (no estando incluidas en este apartado aquellas que fueron vertidas o hundidas en aguas internacionales).

En lo que concierne a las armas abandonadas (siendo aplicable también a las armas químicas antiguas) el Estado Parte en cuyo territorio se encuentren presentará a la Secretaría técnica, treinta días después de la entrada en vigor de la CWC, toda la información pertinente disponible acerca de ellas incluyendo el tipo, la cantidad y la condición actual de esas armas químicas con obligación adyacente de informar a la Secretaría Técnica si encontrase nuevas armas químicas (ciento ochenta días máximo) y de tomar medidas para su destrucción y eliminación, incluyendo los residuos tóxicos que se desencadenen como consecuencia de tal actividad de destrucción.

Sin embargo, las actuaciones difieren a la hora de hablar sobre las armas químicas abandonadas, ya que el Estado Parte (donde se encuentren las armas químicas) celebrará consultas

---

10. A este respecto, la parte IV (b): antiguas armas químicas y armas químicas abandonadas (disposiciones generales del CWC).

a los efectos de destruir las armas químicas abandonadas en colaboración<sup>11</sup>.

Si bien, es importante destacar que, en este ámbito, existe una gran cooperación internacional ya que el Estado Parte que haya abandonado los elementos químicos en suelo de otro Estado Parte proporcionará todos los recursos financieros, técnicos, expertos, de instalación y de otra índole que sean necesarios (colaborando así el Estado donde se hallen dichos elementos químicos).

Tal es así que, de acuerdo con la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (en adelante, OPWC), la destrucción de reservas mundiales de arsenales de armas químicas asciende al 99 %. Sin embargo, estos datos solo se centran en aquellos países que forman parte de la CWC, quedado al margen de las inspecciones y verificaciones antes mencionadas países como Corea del Norte (que no han ratificado la CWC).

A este respecto cabe señalar que, a partir de 1989, el programa químico de Corea del Norte se consideró como avanzado, y desde ese momento no ha cesado en la producción de manera significativa de gases nerviosos, vesicantes, neurotóxicos, entre otros, además de una diversidad de sistemas de proyección. De esta manera, se estima que Corea del Norte posee un considerable arsenal de agentes químicos, con potencial uso en una eventual ofensiva contra Corea del Sur, al mismo tiempo que ha desarrollado medidas de protección para su población civil con el objetivo de mitigar los efectos de dichos agentes. Concretamente, como informa Pulido (2003), en 1999, el gobierno de Corea del Sur informó la existencia de ocho instalaciones químicas, cuatro centros de investigación y seis sitios de almacenamiento de agentes químicos que el gobierno norcoreano había establecido. Se tiene conocimiento, de acuerdo con informes estadounidenses, que en estas instalaciones se produce gas sarín, tabún, fosgeno, ácido prúsico, gas mostaza, entre otros.

---

11. Dichas consultas comenzaran 30 días después de que haya sido informada la Secretaría General Técnica y ambos Estados elaboraran un plan para la eliminación de dichas armas químicas.

Asimismo, no podemos dejar de mencionar la proliferación de nuevos agentes no contemplados, en ese momento, por la CWC como, entre muchos otros, el llamado *novichok* (en ruso “novato” o “nuevo veneno”, son una serie de agentes químicos nerviosos y altamente tóxicos que fueron desarrollados en la Unión Soviética durante la Guerra Fría) –utilizado en dos ciudades de Reino Unido–, y que son considerados mucho más potentes que los agentes nerviosos tradicionales (caracterizados por su estructura química única y su alta letalidad incluso una pequeña cantidad), viéndose la necesidad, por parte de todos los miembros del CWC, de actualizar la lista de sustancias (concretamente, en noviembre de 2019 el *novichok* fue añadido a la Lista 1), tal y como advierten Constanzi y Koblentz (2020).

## 5.1 Métodos de descontaminación de productos tóxicos

Desde el momento de la producción de las armas químicas se observó la necesidad, y posteriormente obligación, de elaborar métodos eficaces para la descontaminación de esos productos tóxicos y sus derivados, con el objetivo de eliminar o neutralizar las sustancias venenosas tanto en el personal como en los equipos.

De esta manera, las tecnologías de destrucción dependen de las características del arma que se pretenda destruir (armas químicas unitarias, ensambladas, agentes de armas químicas a granel, municiones de armas químicas recuperadas y municiones binarias<sup>12</sup>) y, en consecuencia, los procedimientos de destrucción se pueden dividir en dos grupos. El primero engloba un conjunto de tecnologías que implican, bien procesos de destrucción a alta temperatura (pirolisis de plasma, incineración y las cámaras de explosión), o bien, sistemas de tratamiento de gases de escape asociado. El segundo se corresponde con la destrucción a

12. Destaca este último caso por su complejidad, ya que se trata de armas químicas en que el agente tóxico no se encuentra activo en el arma, sino que se encuentra en forma de precursores físicamente separados. El objetivo que se busca con estas últimas armas es el de tener dos o más precursores menos tóxicos que la mezcla final resultante y poder ser transportados de manera más segura o en algunas ocasiones, con el objeto de ser menos detectados por separado.

baja temperatura tal como la neutralización (es decir, el uso de agentes neutralizantes o una solución de descontaminación) y la hidrólisis seguida de tratamientos secundarios de los subproductos resultantes como biodegradación u oxidación con agua supercrítica.

La descontaminación, por su parte, abarca no solo los tejidos biológicos, sino también aquellas superficies que puedan entrar en contacto directo con la piel. En el contexto militar, dicha lista incluiría ropa, equipo electrónico (computadoras), camiones, barcos, aviones, helicópteros e incluso tierra.

Sin embargo, como defiende LeJeune (1998), la incineración no es compatible con la descontaminación; después de todo, descontaminar un objeto útil mediante la incineración no tiene mucho sentido especialmente cuando ese objeto es una persona viva. Por ello, muchas veces el costo de descontaminación de un elemento es mayor al del valor del objeto, lo que desemboca en su abandono<sup>13</sup>.

Asimismo, afirma Cervell (2017) que el uso de agentes químicos sobre la población (civiles o no) se realiza con el único objetivo de colapsar los hospitales –y de herir asimismo a aquellos que entran en contacto con las víctimas–, como fue el caso de varios de los ataques sufridos en Siria en 2017. La descontaminación en estos casos es muy compleja ya que requiere de equipo especializado de protección, no estando preparados para atender en caso de una gran afluencia de víctimas.

### 5.1.1 La neutralización química e hidrólisis

Esta técnica consiste en el empleo de sustancias químicas o reactivos específicos para neutralizar o descomponer dichas armas. Los descontaminantes químicos más activos son probablemente la mezcla formada por dietilentriamina; éter monometílico de etilenglicol e hidróxido de sodio, que se conoce

13. La misma táctica se sigue con ciertas zonas geográficas en tiempo de guerra, procediéndose a abandonar el área en lugar de proceder a su descontaminación.

como agente descontaminante DS2<sup>14</sup> y cuyo componente activo es 1-metoxietanol.

Este sistema, aunque es un descontaminante efectivo de amplio espectro, es altamente corrosivo para muchos materiales, no siendo adecuado para uso general y está siendo reemplazado por sistemas oxidativos. El objetivo en la descontaminación oxidativa es típicamente lograr la conversión a elementos de baja toxicidad. Por su parte, la descomposición hidrolítica deriva en materiales menos tóxicos, como el sulfóxido de vinilo y/o la sulfona de vinilo, que son compuestos inofensivos según Popiel y Nawala (2013). Con la hidrólisis, se consigue que las armas químicas se descompongan mediante la reacción con el agua. Una de las desventajas de la hidrólisis es la gran cantidad de residuo generado, que puede ser hasta 5 o 6 veces el agente destruido, siendo la toxicidad relativamente baja conforme a los estudios llevados a cabo por Locatelli (2014).

### 5.1.2 La descontaminación enzimática

Barletta (2020) sostiene que esta técnica puede traer un amplio campo de mejora y desarrollo, se trata del uso de preparaciones que consisten en catalizadores enzimáticos que aumentan la velocidad de las reacciones. En este sentido, las enzimas son catalizadores biológicos ambientalmente benignos y altamente eficientes capaces de desintoxicar muchas veces su propio peso de agente químico. Asimismo, las enzimas son capaces de aumentar las velocidades de reacción hasta 10 veces en comparación con las reacciones no catalizadas.

El uso de enzimas catalíticas también podría desempeñar un importante papel en la destrucción de los arsenales de agentes químicos, tal como lo requiere la CWC. Sin embargo, hasta ahora, no ha habido esfuerzos significativos en esta área. La principal razón de esta falta de uso ha sido el tiempo y, en menor medida, el costo y que las instalaciones construidas y autorizadas para la destrucción de agentes químicos requerirían demoras significativas para recibir la autorización para

14. Se trata de un líquido polar no acuoso, compuesto por un porcentaje en peso de 70 % dietilentriamina, 28 % etilenglicol monometil éter y 2 % de hidróxido sódico.

utilizar diferentes tecnologías. Además, Prokop *et al.* (2006) advierten que, hasta hace poco, no existía una producción a escala industrial de las enzimas, lo que conllevaba costes muy altos.

Además, las enzimas no son tóxicas, no son corrosivas ni inflamables y su principal ventaja es que cuando se liberan al medio ambiente son fácilmente biodegradables. En contra, según Popiel y Nawała (2013) tenemos que mencionar la baja estabilidad y alta especificidad de este método. Siendo uno de los métodos más interesantes para la detoxificación de la mostaza azufrada la oxidación catalizada por enzimas.

### 5.1.3 Detonación controlada

Algunas armas químicas, como las municiones químicas, pueden ser destruidas mediante la detonación controlada en instalaciones seguras. Este método involucra la explosión controlada de las municiones para desactivar y destruir los agentes químicos, así como hacerse cargo de los gases, que deben ser tratados para completar la destrucción. Además, la detonación puede cambiar la estructura química del agente, volviéndolo más estable y menos propenso a fugas o degradación con el tiempo.

### 5.1.4 La destrucción térmica

Es una tecnología que utiliza el calor generado mediante un proceso de calentamiento eléctrico en un contenedor especial denominado cámara de detonación estática. Dicha cámara confina y dirige la explosión dentro de la cámara, minimizando el riesgo de fugas o dispersión no controlada de los agentes químicos evitando la liberación de gases y residuos al medio ambiente, logrando así la destrucción completa del agente químico y la carga explosiva asociada. De esta forma, la descontaminación de agentes químicos depende de las características específicas de los mismos, siendo un proceso de eliminación o neutralización de estas sustancias tóxicas de manera segura y efectiva para proteger a las personas y al medio ambiente. En la mayoría de las ocasiones, para la eliminación de las armas químicas, se utiliza más de un solo proceso de neutralización.

## 5.2 Destrucción de las instalaciones de armas químicas

Para promover un mejor planeta para todos, la humanidad se debe deshacer de las armas químicas que antaño provocaron tanto sufrimiento, pero también debe dismantelar o transformar esas plantas donde se generaron las armas. Para ello, el CWC tiene previsto un sistema por el cual se ha de detallar minuciosamente cada uno de los centros donde se produjeron armas químicas para proceder a su destrucción o conversión.

En lo que respecta a la destrucción, cada Estado Parte decidirá los métodos que ha de aplicar para la destrucción de las instalaciones de producción de armas químicas, con objeto de desactivar éstas, sin que se pueda producir en la misma ningún tipo de sustancias químicas pudiendo ser convertidas temporalmente en instalaciones de destrucción de armas químicas. Todo el proceso será notificado a la Secretaría técnica ciento cincuenta días antes de realizar cualquier actividad de conversión y los planes sobre la destrucción de la instalación deberán ser comunicados a la Secretaría Técnica con ciento ochenta días de antelación al comienzo de la destrucción.

Para vigilar que se cumplan dichos protocolos y como consecuencia de las obligaciones contraídas por la CWC, se ha de hacer una verificación de la destrucción de instalaciones de producción de armas químicas y de cada uno de los elementos del inventario declarado de conformidad con el plan detallado convenido para la destrucción.

Por último, Prokop (2006) resaltan la necesidad de hablar de la conversión de instalaciones de producción de armas químicas para fines no prohibidos en la CWC, independientemente de que puede ser que ya se esté utilizando con esos fines o se proponga (en un futuro) su utilización para éstos, dirigiéndose la solicitud al director general de la CWC. Cabe destacar que, en caso de que se quiera convertir la instalación, se ha de destruir todo el equipo especializado que conste en la misma y, además, deben eliminarse todas las características especiales de los edificios y estructuras que distingan estos edificios, estableciendo una limitación temporal de seis años para su completa transformación.



## 6 Impacto medioambiental de las armas químicas

Las armas químicas representan una grave amenaza para el medio ambiente debido a su capacidad de causar daños devastadores. Estas armas, diseñadas para liberar sustancias químicas tóxicas con el objetivo de infligir daño tanto en los seres humanos como en su entorno, tienen efectos perjudiciales a largo plazo en los ecosistemas y los recursos naturales.

La exposición a agentes químicos letales puede contaminar el suelo, el agua y el aire, afectando a la flora y a la fauna, así como poner en peligro la salud de las comunidades cercanas. De esta manera, el impacto ambiental de las armas químicas es una preocupación global que requiere una atención urgente y medidas efectivas para prevenir su uso y promover la descontaminación y restauración de las áreas afectadas, tal y como señala Mazo (2023).

Su mayor impacto se ha constatado durante los periodos bélicos ya que dichas tácticas de guerra, por su crueldad, ocasionan un daño incalculable a la biodiversidad de los lugares donde actúan estos químicos.

Un claro ejemplo de ello fue la Segunda Guerra Mundial, donde se utilizaron gran cantidad de productos químicos tóxicos, como los fosgenos y los agentes vesicantes, en ataques contra instalaciones portuarias que contaminaron grandes masas de agua y que, al ser liberados al mar, contaminaron los ecosistemas costeros dañando la vida marina (incluyendo peces, moluscos y crustáceos).

Seguidamente, durante la guerra de Vietnam (concretamente en el Valle A Luoi) Uesugi (2019) narra cómo se utilizaron herbicidas como el Agente Naranja, que contenía dioxina. La aplicación de este químico (utilizado para la deshojar las selvas donde se ocultaban los vietnamitas durante la guerra) contaminó los ríos y cuerpos de agua, afectando la vida acuática y causando daños a largo plazo en los ecosistemas. Además, causó la des-

trucción de vastas áreas de selva, alterando drásticamente los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Por su parte, Cánovas (2013) apunta que la contaminación de suelos y aguas subterráneas también se ve afectada por estas armas, como ocurrió durante la guerra de Siria desde 2011, al informarse de ataques con armas químicas que han provocado la liberación de sustancias químicas tóxicas en el aire y el suelo, contaminando los recursos hídricos y los suelos agrícolas.

Igualmente, durante el conflicto en Irán e Irak (que tuvo lugar entre 1980 y 1988), se informó que ambos bandos vertieron residuos químicos en ríos y cuerpos de agua como una táctica de guerra, así como del uso de armas químicas, incluido el gas mostaza y el gas sarín. Estos químicos causaron daños significativos a la flora y fauna en las áreas afectadas, provocando la muerte masiva de animales y afectando la diversidad biológica de la región tal y como sostienen numerosas fuentes como Pita (2008) o Peláez (2020).

Más recientemente, estos químicos han sido utilizados como instrumento de presión política por grupos paramilitares, como las FARC, que, a pesar de que sus objetivos eran tanto la población civil como las fuerzas policiales, terminaron afectando al entorno (Hernández, 2018). Un ejemplo de esta situación se observa en la utilización de agentes químicos y biológicos que, con el propósito de neutralizar a los miembros de las Fuerzas Militares, ocasionaron un daño irreparable a los territorios amazónicos al traficar con uranio enriquecido y posiblemente con otras armas químicas, causando una importante deforestación en el territorio como advirtieron Torrijos (2009), Sarmiento (2020) o Molina-Orjuela (2022).

Por último, alejándonos de las causas de origen bélico o motivaciones políticas, consideramos que una de las mayores irresponsabilidades de la Historia ha sido el vertido de enormes cantidades de armas químicas en los océanos de todo el mundo a lo largo de los últimos años como consecuencia del desarrollo tecnológico y el abandono o destrucción de dichas armas<sup>15</sup>. Así,

15. Así, la Comisión de Protección del Medio Ambiente del Mar Báltico (organización

en vista del creciente uso del lecho marino para fines económicos (como parques eólicos marinos, cables submarinos y oleoductos), el riesgo de encontrarse con municiones arrojadas al mar está en aumento. Si bien, como señalan Dos Santos, Shem, França, Perera y Correia (2023) no se conocen las ubicaciones exactas, las identidades químicas y las cantidades de armas químicas vertidas, no cabe duda de que la vida marina, en las áreas de vertido, se ha visto afectada al estar expuesta accidentalmente a las armas químicas, lo que ha tenido graves consecuencias para la salud.

En este sentido, a juicio de Domingo y Pita (2013), la CWC cometió un gran error ya que no obliga a los Estados parte a recuperar y destruir los vertidos de armas químicas que fueron arrojados al mar antes de 1985. Esto fue porque hasta la década de los cincuenta, se consideraba como una técnica de destrucción ambientalmente adecuada. No obstante, es importante destacar que solo con la destrucción de las armas químicas no se acaba el problema de la contaminación *per se*, ya que los productos descontaminantes químicos suelen generar subproductos tóxicos, que pueden afectar negativamente al medio ambiente y pueden dañar al usuario, y su descomposición química da como resultado determinados subproductos no deseados que, en caso de llegar a fuentes de agua o al suelo, pueden poner en peligro el medio ambiente.

Estos ejemplos ilustran algunos de los impactos perjudiciales que las armas químicas han tenido en el medio ambiente. Es importante destacar que la lista de efectos negativos es extensa y varía según los tipos de armas químicas utilizadas, la cantidad liberada, la duración de la exposición y la ubicación geográfica. Además, es fundamental tomar medidas para prevenir y mitigar estos efectos, así como para asegurar la destrucción segura de las armas químicas y prevenir su uso en el futuro.

---

internacional intergubernamental que se dedica a la protección y conservación del medio ambiente marino del Mar Báltico establecida en 1974) estima que unas 40 000 toneladas de municiones químicas fueron arrojadas al Mar Báltico después de la Segunda Guerra Mundial. Aún en la actualidad, existe la posibilidad de que las personas se encuentren con armas químicas mientras trabajan en el entorno marino del Mar Báltico meridional y occidental.

## 7

## La neutralización, desactivación e intervención de las armas químicas en España: especial referencia a la Policía Nacional como garantes de la seguridad

Como advierte Llorente (2022), en la lucha contra el terrorismo y la radicalización violenta los Fuerzas y Cuerpos de Seguridad juegan un papel principal para afrontar la amenaza terrorista con materiales nucleares y radiactivos, tal y como ha quedado reflejado en la Estrategia Nacional contra el Terrorismo de 2019.

Como comentan Machín (2014), Herráiz, Berbel, Landáburu, Martínez, Rivero y Val (2021), en España (concretamente en el ámbito de la Policía Nacional)<sup>16</sup> la especialidad TEDAX-NRBQ (Dirección General de la Policía [DGP], 2023) cuyos orígenes se remontan a 1975 y que forma parte de la política de defensa nacional orientada a la prevención de ataques bioterroristas- tiene como misión principal intervenir y actuar ante la presencia y la detección de supuestos artefactos explosivos y todo tipo de agentes NRBQ, así como la recogida, el transporte, análisis e investigación de los mecanismos, elementos y restos de dichos artefactos y de las sustancias o agentes (incluyendo elementos nucleares, radiológicos, biológicos o químicos).

Para el cumplimiento de tal misión, como señala Valverde (2022), sus agentes se despliegan por todo el territorio nacional con grupos distribuidos de forma estratégica (lo que permite dar respuesta a los riesgos de artefactos explosivos y agentes NRBQ de forma rápida y eficaz), realizando, esencialmente, tres tipos de funciones: técnico-operativas, de investigación y desarrollo y, finalmente, de cooperación docente.

Así las funciones técnico-operativas suponen la intervención de los agentes ante la presencia de artefactos explosivos o agentes NRBQ, así como el apoyo técnico en las investigaciones de hechos en los que éstos hayan sido utilizados. Por su parte,

16. Ya que en la Guardia Civil dicha función recae en TEDAX-NRBQ (en el ámbito rural).

las funciones de investigación y desarrollo están destinadas al diseño y actualización de medios materiales de desactivación e intervención de dichas armas lo que implica, necesariamente, una evaluación permanente y un continuo perfeccionamiento de los procedimientos. Finalmente, estos agentes de la policía nacional serán los encargados de la formación, actualización y especialización permanente, así como del intercambio de conocimientos y técnicas utilizadas tanto en el ámbito nacional como internacional.

Para el cumplimiento de estas funciones, estas unidades se sirven de una serie de Protocolos que serán activados en caso de ataque o accidente, o su mera posibilidad, con el objeto de eliminar o reducir la amenaza. En dichos Protocolos se prevé, en primer lugar, establecer una zona de aislamiento y acceso a la zona de riesgo sectorizando la zona, de conformidad con lo estipulado en sus Instrucciones o Circulares de trabajo, en tres áreas: una de máximo riesgo o caliente, una intermedia o templada y una fría. A continuación, se realizará una evaluación inicial de los riesgos y se darán instrucciones a los servicios de emergencia que hayan sido comisionados para, posteriormente, llevar a cabo la comunicación y envío de muestras del incidente a la Unidad de Gestión de la Red de Laboratorios de Alerta Biológica y la descontaminación de las personas que hayan sido expuestas ante dichos agentes o sustancias peligrosas y del lugar.

Por todo ello, la labor de estos técnicos especialistas en desactivación de artefactos explosivos es esencial para el mantenimiento de la seguridad ciudadana en todos aquellos sucesos en los que se vea implicada un arma química o biológica que ponga en peligro la integridad de las personas y del medio ambiente.

## 8

### Conclusiones

Las armas químicas han causado horrores inimaginables en la Historia de la humanidad; su capacidad para generar sufrimiento extremo y un daño irreparable a las personas y al medio ambiente es irreversible. Estos terribles instrumentos de guerra

han dejado un legado de devastación y dolor, recordándonos la urgencia de su prohibición y eliminación definitiva. Ello se va consiguiendo paulatinamente gracias a instrumentos como la CWC (que ha posibilitado que cada vez haya menos armas químicas en el mundo).

Sin embargo, es importante destacar que, pese a que la CWC ha logrado avances significativos en la prohibición y eliminación de armas químicas, no está exenta de críticas y, por ello, han de exigirse mejoras potenciales para fortalecer aún más su implementación, efectividad y combatir los desafíos que acechan actualmente a nuestra sociedad como consecuencia del desarrollo tecnológico y el uso de armas cada vez más invasivas y dañinas para el medioambiente.

Una de las críticas más comunes es que la verificación efectiva y exhaustiva de las actividades declaradas puede ser un desafío logístico y técnico y, a pesar de que muchas veces se cuenta con la buena voluntad de los Estados Parte, el Tratado dispone de pocos recursos para vigilar su cumplimiento. En consecuencia, el ordenamiento previsto, además de no estar actualizado a los avances de la tecnología, carece de un verdadero instrumento sancionador que motive a los Estados firmantes para abordar con firmeza el problema. Al mismo tiempo, como hemos venido diciendo, la CWC únicamente es de aplicación para los Estados Parte, dejando al margen de regulación, y, especialmente, sanciones, a países como Corea del Norte cuya carrera armamentística supone una grave amenaza para la vida y para los ecosistemas terrestres y marinos.

Otra de las críticas más notables es, con el avance de la Ciencia y la tecnología, la posibilidad de que se desarrollen nuevas sustancias químicas y métodos de producción de armas químicas que no estén específicamente incluidos en las listas del CWC (como sucedió con el *novichok*). Esto plantea desafíos para mantener actualizado el Convenio y asegurar que abarque todas las posibles amenazas emergentes. Sin embargo, pese a que sea una crítica adecuada lo cierto es que el desarrollo tecnológico siempre irá un paso por delante del legislador. Como consecuencia de lo antedicho, la única solución a esta situación no es otra que

agilizar los procedimientos para que la actualización de los catálogos no se dilate en el tiempo en exceso.

Al mismo tiempo, preocupa el uso de armas químicas en conflictos armados al suponer una violación flagrante del CWC. Sin embargo, su aplicación y cumplimiento efectivo en situaciones de conflicto puede ser difícil debido a las circunstancias operativas y la falta de acceso a las zonas afectadas (en suma, cuando la mayoría de los Estados en los que existe un conflicto armado quedan al margen de la CWC).

Otro punto importante y que, lamentablemente, no ha sido tratado con esmero por la Comunidad Internacional es el vertido de dichas armas al mar, planteando importantes desafíos en términos de impacto ambiental, riesgos para la salud y dificultades técnicas. Ello es consecuencia de que la identificación precisa y la recuperación de las armas químicas sumergidas en el mar puede ser extremadamente difícil debido a la falta de información precisa sobre su ubicación y estado. Pero no cabe duda alguna de que la presencia de armas químicas en el mar plantea un riesgo para la salud humana, especialmente para las comunidades costeras, las personas que dependen de los recursos marinos y los humanos que los consumen. Además de la contaminación de los espacios marinos (la más común), no se ha de olvidar los efectos nocivos sobre la superficie terrestre, como la deforestación, la pérdida de fertilidad en el suelo y la extinción de especies y sus entornos.

Por otro lado, el desarrollo tecnológico también nos ofrece esperanzas, ya que las últimas tecnologías plantean el uso de enzimas para la destrucción de armas químicas, pudiendo producirse a gran escala (lo que permite una mayor disponibilidad y aplicabilidad en diferentes situaciones). Estas tecnologías presentan ventajas significativas, como ofrecer un método más específico y eficiente para descomponer y desactivar los agentes químicos reduciendo el riesgo de contaminación y minimizando el impacto en el medio ambiente (facilitando al mismo tiempo el proceso de descontaminación y evitando daños innecesarios). De modo que, a medida que se continúa investigando y desarrollando enzimas específicas para diferentes agentes químicos, el uso de enzimas se perfila como una opción prometedora y efectiva para la descontaminación y elimina-

ción segura de armas químicas, vislumbrándose en el horizonte un futuro sin presencia de estas armas. Por todo ello, los Estados Parte deberían promocionar e invertir en estos procesos de descontaminación para conseguir así remediar los daños ocasionados como consecuencia de la creación de armas químicas y sus componentes.

Cabe destacar que en España la misión de neutralizar estas armas recae en las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad (especialmente en los miembros de la Policía Nacional y la Guardia Civil) y en las Fuerzas Armadas que, encargadas de mantener la seguridad en el territorio nacional frente a estas amenazas, han propiciado un notable incremento en el desarrollo tecnológico para reducir los efectos adversos que desencadenan la utilización de estas armas.

Por último y para concluir, se hace necesario, en los tiempos cambiantes en los que nos encontramos con varios conflictos bélicos activos en pleno año 2024, hacer una especial referencia a la insustituible labor que los miembros de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado realizan en España y en otras partes del mundo para garantizar la seguridad y la libertad de los ciudadanos.

Más concretamente centraremos esta parte de las conclusiones en enfatizar la actividad de la Policía Nacional, al ser el cuerpo policial competente, según la Ley Orgánica 2/1986, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, en las zonas urbanas que más población concentran en España. Los miembros de las instituciones policiales y también la sociedad, han venido haciendo frente a distintas amenazas cometidas a través de métodos comunes como las armas de fuego y los explosivos. Sin embargo, al igual que avanza la sociedad, avanzan los medios de ataque, motivo por el cual se precisa, cada vez más, una policía formada y actualizada con los distintos modos de delincuencia. La Policía Nacional, a través de la creación de la especialidad NRBQ (Nuclear, Radiológico, Biológico y Químico), se ha anticipado a las nuevas formas de delincuencia y modos de terrorismo, buscando de esta forma la especialización para combatir, de manera eficaz y eficiente, el ataque a través de las armas que se han venido describiendo durante la presente investigación.

Además, la Dirección General de la Policía también cuenta con la Unidad de Subsuelo y Protección Ambiental, dependiente de la



Comisaría General de Seguridad Ciudadana, teniendo entre sus misiones la inspección y control de vertidos industriales en medio urbano, elemento necesario y fundamental contra los ataques que podrían llevarse a cabo mediante el uso de este tipo de armas.

De esta forma, no debe caerse en el error de pensar que la incidencia que las armas químicas pueden tener sobre la vida o el medio ambiente es un problema de carácter militar, pues son las unidades que se encuentran en los núcleos urbanos quienes se encargan de neutralizar, en primera instancia, la amenaza o, en su caso, paliar los daños.

## Glosario

---

CWC: Convención sobre armas químicas de 1993.

DGP: Dirección General de la Policía.

FARC: Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia.

NRBQ: Nuclear, radiológica, biológica y química.

OPWC: Organización para la prohibición de las armas químicas.

TEDAX: Técnico especialista en desactivación de artefactos explosivos.

## Referencias

---

Barberis, M. B. (2017). Los veinte años desde la creación de la Organización para la Prohibición de Armas Químicas. *Afese*, 65.

Barletta, A. F. (2020). Armas de destrucción masiva-armas químicas: una vieja amenaza que no pierde vigencia. *Boletín Científico Tecnológico*, 24(1), 55-72.

- Bernachi, A. (2022). Armas químicas y el marco internacional. En Universidad de la Defensa Nacional (Ed.), *Desarme y no proliferación: un enfoque multidisciplinario* (pp. 11-27). UNDEF Libros.
- Camacho, L. H. (2020). Nacimiento de la quimioterapia. *Medicina*, 42(4), 599-601. <https://doi.org/10.56050/01205498.1562>
- Cánovas Sánchez, B. (2013). Siria, otra vez a vueltas con las armas químicas. *Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 46, 1-13.
- Cervell Hortal, M. J. (2003). La Supervivencia de la Convención Sobre Armas Químicas. *REDI*, 55, 849. <https://doi.org/10.15581/010.33.169-203>
- Cervell Hortal, M. J. (2017). El ataque de Estados Unidos contra Siria por el empleo de armas químicas: ¿acto 'contra regem' o contramedida por violación del 'ius cogens'? *Anuario Español de Derecho Internacional*, 33, 169-203.
- Chauhan, S., D'Cruz, R., Faruqi, S., Singh, K. K., Varma, S., Singh, M. y Karthik, V. (2008). Chemical warfare agents. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(2), 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.03.003>
- Costanzi, S. y Koblenz, G. D. (2020). Updating the CWC. *Arms Control Today*, 50(3), 16-20.
- De Fortuny, T. (2015). *Convención sobre armas químicas. Diccionario de la guerra, la paz y el desarme*. Icaria.
- De Salazar Serantes, G. (2013). La III Conferencia de examen de la Convención para la prohibición de las armas químicas: búsqueda del equilibrio entre desarme, no proliferación y cooperación internacional. *Pre-bie3*, 3, 27.
- Dirección General de la Policía. (1 de diciembre de 2023). *TEDAX-NRBQ*. [https://www.policia.es/\\_es/tupolicia\\_conocenos\\_estructura\\_dao\\_cginformacion\\_especialidades\\_tedax.php](https://www.policia.es/_es/tupolicia_conocenos_estructura_dao_cginformacion_especialidades_tedax.php)
- Domingo, J. y Pita, R. P. (2013). La destrucción según la convención de armas químicas y su aplicación en Siria. *Pre-bie3*, 6, 21.

- Domingo, J. y Pita, R. P. (2014). El cloro como arma: De la primera guerra mundial al conflicto sirio. *Pre-bie3*, 3, 31.
- Dos Santos, M. C., Shem, P. M., França, T. C. C., Perera, R. P. y Correia, V. B. (2023). Assessment of the impact of chemical weapons disposal in the ocean according to international conventions. En *Sensing of Deadly Toxic Chemical Warfare Agents, Nerve Agent Simulants, and their Toxicological Aspects* (pp. 407-422). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90553-4.00018-4>
- García Vázquez, B. (2019). La ambigüedad del concepto de algunas armas incapacitantes menos letales en la Ley Nacional sobre el uso de la fuerza. *Revista de la Facultad de Derecho de México*, 69(275-1), 596-600. <https://doi.org/10.22201/fder.24488933e.2019.275-1.71840>
- Gómez Sainz de Aja, N. (2016). La actividad de la Autoridad Nacional Española en el marco de la Convención para la Prohibición de las Armas Químicas. *Anales de Química de la RSEQ*, 112(4), 225-230.
- González-Hernández, I. J. (2021). El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales. *Ingenio y Conciencia. Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 8(16), 41-52. <https://doi.org/10.29057/escs.v8i16.7118>
- Hernández, O. (16 de febrero de 2023). Armas químicas en Ucrania: ¿por qué el Kremlin necesita que te creas este mensaje? *El Confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/mundo/2023-02-16/armas-quimicas-la-mosca-rusa-detras-de-la-oreja-de-ucrania-zumba-otra-vez-su-propaganda\\_3573039/](https://www.elconfidencial.com/mundo/2023-02-16/armas-quimicas-la-mosca-rusa-detras-de-la-oreja-de-ucrania-zumba-otra-vez-su-propaganda_3573039/)
- Hernández Méndez, J. A. (2018). Amenazas nucleares, biológicas y químicas, una estrategia de manejo. *Revista Científica General José María Córdova*, 16(21), 17-31. <https://doi.org/10.21830/19006586.299>
- Herráiz España, J., Berbel Bueno, C., Landáburu Jiménez, E., Martínez Ruiz, M., Rivero Segalàs, M. T. y Val Vidal, J. C. (2021). Bioseguridad y defensa. ¿El nuevo reto global? *IEEE*, 21, 899-925.

- Jiménez Gómez, S. (2005). Agresivos químicos. *Monografías de la Real Academia de Farmacia. Monografía 26*.
- LeJeune, K. E. (1998). *Employing enzymes in the detoxification of nerve agent chemical weapons* (Doctoral dissertation, Carnegie Mellon University).
- Llorente Aguilera, C. (2022). La Estrategia de Seguridad Nacional de España 2021 y el terrorismo nuclear. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 19, 197-244.
- Locatelli, O. A. (2014). La destrucción de las armas químicas en Siria. *Visión conjunta*, 11, 18-25.
- Machín, N. (2014). Las armas biológicas. Perspectivas de futuro. *UNISCI Discussion Papers*, 35, 205-221. [https://doi.org/10.5209/rev\\_UNIS.2014.n35.46428](https://doi.org/10.5209/rev_UNIS.2014.n35.46428)
- Manrique, J. M. (2002). La Fabricación y uso de Gases de Guerra en España. *Revista Defensa*, 296, 63-68.
- Mayor, A. (2020). *Fuego griego, flechas envenenadas y escorpiones: Guerra química y bacteriológica en la Antigüedad*. Desperta Ferro Ediciones.
- Mazo, A. F. (2023). La protección de los animales como integrantes del medio ambiente en el derecho de los conflictos armados. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 132, 64-108.
- Molina-Orjuela, D. E. (2022). Impactos del conflicto armado colombiano sobre el medio ambiente y acciones para su efectiva reparación. *Revista Científica General José María Córdova*, 20(40), 1087-1103. [https://doi.org/10.5209/rev\\_UNIS.2014.n35.46428](https://doi.org/10.5209/rev_UNIS.2014.n35.46428)
- Muñoz-Canales, V. y Rodríguez-López, J. (2021). Armas químicas: descripción general de tipos, riesgos y tratamientos. *Revista de Química*, 35(2), 4-18. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/23527>

- Otero Solana, V. (2022). El arma química, el arma de destrucción masiva más versátil y aterradora. *Revista Española de Derecho Militar*, 118, 55-114.
- Peláez, D. A. (2020). La estrategia del expansionismo hegemónico iraní en Siria y Afganistán. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(32), 749-767. <https://doi.org/10.21830/19006586.639>
- Pita, R. P. (2008). *Armas químicas: la ciencia en manos del mal*. Plaza y Valdés, S. L. <https://doi.org/10.5211/9788496780606>
- Pita, R. P. (2011). Proliferación de armas químicas. *Cuadernos de Estrategia*, 153, 81-86.
- Pons, J. A. M. (2006). Armas químicas: qué son y cómo actúan. *Anales de Química de la RSEQ*, 1, 55-64.
- Popiel, S. y Nawała, J. (2013). Detoxification of sulfur mustard by enzyme-catalyzed oxidation using chloroperoxidase. *Enzyme and Microbial Technology*, 53(5), 295-301. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2013.06.002>
- Prokop, Z., Opluštil, F., DeFrank, J. y Damborský, J. (2006). Enzymes fight chemical weapons. *Biotechnology Journal: Healthcare Nutrition Technology*, 1(12), 1370-1380. <https://doi.org/10.1002/biot.200600166>
- Pulido Gragera, J. (2003). Agentes químicos y biológicos versus capacidad nuclear. La otra punta de lanza de Corea del Norte. *UNISCI Discussion Papers*, 2, 1-8.
- Quinto, J. O. (1999). NTP 512: Plaguicidas organofosforados (I): aspectos generales y toxicocinética. *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo*, 1(7).
- Riba, P. M (2005). La aplicación de la Convención sobre las Armas Químicas. *Revista Mexicana de Política Exterior*, 75, 55-70.
- Sarmiento, E. (2020). Incidencia del proceso de paz con las FARC en la política antidrogas de Colombia. *Revista Científica*

General José María Córdova, 18(32), 817-837. <https://doi.org/10.21830/19006586.632>

Schechter, W. P. y Fry, D. E. (2005). The surgeon and acts of civilian terrorism: chemical agents. *Journal of the American College of Surgeons*, 200(1), 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.jamcoll-surg.2004.09.002>

Shua, A. M. (2019). *La guerra*. Editorial Páginas de Espuma.

Spanevello, R. y Suárez, A. (2011). Los pecados de la química. En *Química y civilización* (pp. 303-310). Argentina: Asociación Química Argentina.

Torrijos, V. (2009). Los argumentos para alejarse de la paz en Colombia: ideas para alejarse de la guerra. En Torrijos, V. (Dir.), *Asuntos estratégicos, seguridad y defensa* (pp. 59-65). Universidad del Rosario.

Trigo Alonso, A. M. (2023). Ciencia perdida. *Revista Digital de Acta*, 143.

Uesugi, T. (2019). Aproximación dialógica a los desastres tóxicos: El Agente Naranja en el valle A Luoi (Vietnam). *AIBR: Revista de Antropología Iberoamericana*, 14(1), 40-41. <https://doi.org/10.11156/aibr.v14i1.70845>

Valverde Ogallar, R. (2022). Seguridad nacional frente a la amenaza/riesgo biológico. *Cuadernos de Estrategia*, 217, 281-314.

Velasco, M. J. S. (2014). Descubrimiento y destrucción humana: armas químicas, el agente nervioso Sarín. *MoleQla: Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 14(5-3).

Zúñiga, R. C. (2015). El uso de armas químicas en Siria, un desafío para el derecho internacional. *Anuario Colombiano de Derecho Internacional*, 8, 17-40. <https://doi.org/10.12804/acdi8.1.2015.01>