



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS DE LOS LISTADOS ANEXOS A LA CONVENCIÓN PARA LA  
PROHIBICIÓN DE ARMAS QUÍMICAS**

**TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**MARÍA FERNANDA SALAZAR SÁNCHEZ**



**MÉXICO, CD.MX. a 27 de febrero del 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** BENJAMÍN RUÍZ LOYOLA  
**VOCAL:** JOSÉ MANUEL MÉNDEZ STIVALET  
**SECRETARIO:** JOSÉ LANDEROS VALDEPEÑA  
**1er. SUPLENTE:** MARÍA KENIA ZAMORA ROSETE  
**2° SUPLENTE:** FERNANDO SANTIAGO GÓMEZ MARTÍNEZ

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA

**ASESOR DEL TEMA:**

**BENJAMÍN RUÍZ LOYOLA**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Benjamín Ruíz Loyola', with a stylized flourish at the end.

**SUPERVISOR TÉCNICO (Si lo hay):**

**SUSTENTANTE (S):**

**MARÍA FERNANDA SALAZAR SÁNCHEZ**

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	6
II.	CONTEXTO HISTÓRICO DE LAS ARMAS QUÍMICAS.....	7
III.	ARMAS QUÍMICAS.....	10
	3.1 Tipos de armas químicas.....	12
IV.	LA CONVENCIÓN Y LA FORMACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PARA LA PROHIBICIÓN DE ARMAS QUÍMICAS.....	15
	4.1 Listados Anexos a La Convención de Armas Químicas.....	17
	4.1.1 Lista 1.....	18
	4.1.2 Lista 2.....	21
	4.1.3 Lista 3.....	22
	4.2 Estructuras químicas de las sustancias dentro de los listados.....	24
V.	USO DUAL.....	27
	5.1 Uso Dual de los listados 2 y 3.....	28
	5.2 Uso dual y problemática actual.....	31
	5.3 Agentes Novichok.....	33
	5.3.1 Estructuras de las sustancias Novichok.....	34
	5.4 Acciones de la OPAQ tras los atentados con sustancias Novichok.....	37
VI.	CONCLUSIONES.....	48
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	49

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación surge de la preocupación que existe a nivel mundial ante el tema del terrorismo y confrontaciones bélicas con armas biológicas, químicas y nucleares. Esta posibilidad tiene lugar donde la investigación, ciencia y tecnología pueden ser utilizadas en contra de la humanidad.

Se pueden clasificar en un sitio las armas químicas y biológicas y en otro las armas nucleares. Analicemos primero las armas nucleares, que son las que tienen un nombre más alarmante. Es cierto que su potencial de destrucción es mayor pero también es cierto que su producción es más compleja y llamativa, o sería más difícil mantenerlo en secreto, debido a que en su mayoría son los gobiernos quienes tienen este tipo de tecnologías. Por el contrario, las armas biológicas y químicas son de mayor acceso, el equipo y la información referente a ellas se encuentra disponible en varias fuentes, cómo lo son artículos, bibliotecas, revistas, etc., por lo que la proliferación de este tipo de armas es más preocupante, así mismo la discreción para su creación y el requerimiento de un presupuesto menor favorecen su accesibilidad. En teoría toda esta situación se puede controlar, para ello la existencia de políticas complejas y tratados a nivel mundial.<sup>1</sup>

Teniendo un panorama de cómo la ciencia puede llegar a ser utilizada en contra de la humanidad de diferentes maneras, nos centraremos en el uso y desarrollo específicamente de armas químicas (sustancias), dejando fuera en esta ocasión armas nucleares y biológicas.

---

<sup>1</sup> Jonathan B. Tucker, "Review of the Literature on Dual use", en *Innovation, Dual Use, and Security*, Richard Danzig, edited by Jonathan B. Tucker, MIT, 2012, 355p. p. 62, (traducción mía)

## II. Contexto histórico de las armas químicas<sup>2</sup>

Pareciera que el uso de armas químicas es algo reciente debido al avance de la ciencia y los recursos tecnológicos, sin embargo, el ser humano lleva utilizando sustancias tóxicas durante enfrentamientos desde tiempos lejanos. En el año 1000 a.C. los chinos lograban dirigir humos de compuestos tóxicos en contra de sus contrincantes; otro ejemplo de tiempos remotos es la Guerra de Atenas (431-404 a.C.) donde quemaban azufre para generar humos tóxicos de dióxido de azufre.

Fritz Haber fue un químico alemán conocido como el “Padre de la Guerra Química” por su entusiasmo al promover el uso de armas químicas como estrategia durante la Primera Guerra Mundial<sup>3</sup>. El primer intento por parte de los alemanes fue llenar proyectiles con cloro sulfato de dianisina, un irritante pulmonar, para atacar al ejército británico. Este intento resultó fallido debido a que no contaban con que, al ejecutar la explosión para liberar el compuesto tóxico, se llevaría a cabo también la oxidación del compuesto.

Posteriormente y con éxito, tiene lugar el primer uso masivo de armas químicas el 22 de abril de 1915 en la segunda Batalla de Ypres, Bélgica. En dicho enfrentamiento tropas alemanas atacan a tropas francesas con 168 ton<sup>3</sup> de cloro gaseoso. El ataque al ejército francés resultó efectivo, pero algunos soldados alemanes también resultaron heridos debido a la poca experiencia con este tipo de ataques. El resultado de este evento fue de 15 mil casos de intoxicación y entre ellos 5 mil muertos. Es aquí donde las armas químicas muestran su potencial mortífero y, sobre todo, su efectividad.

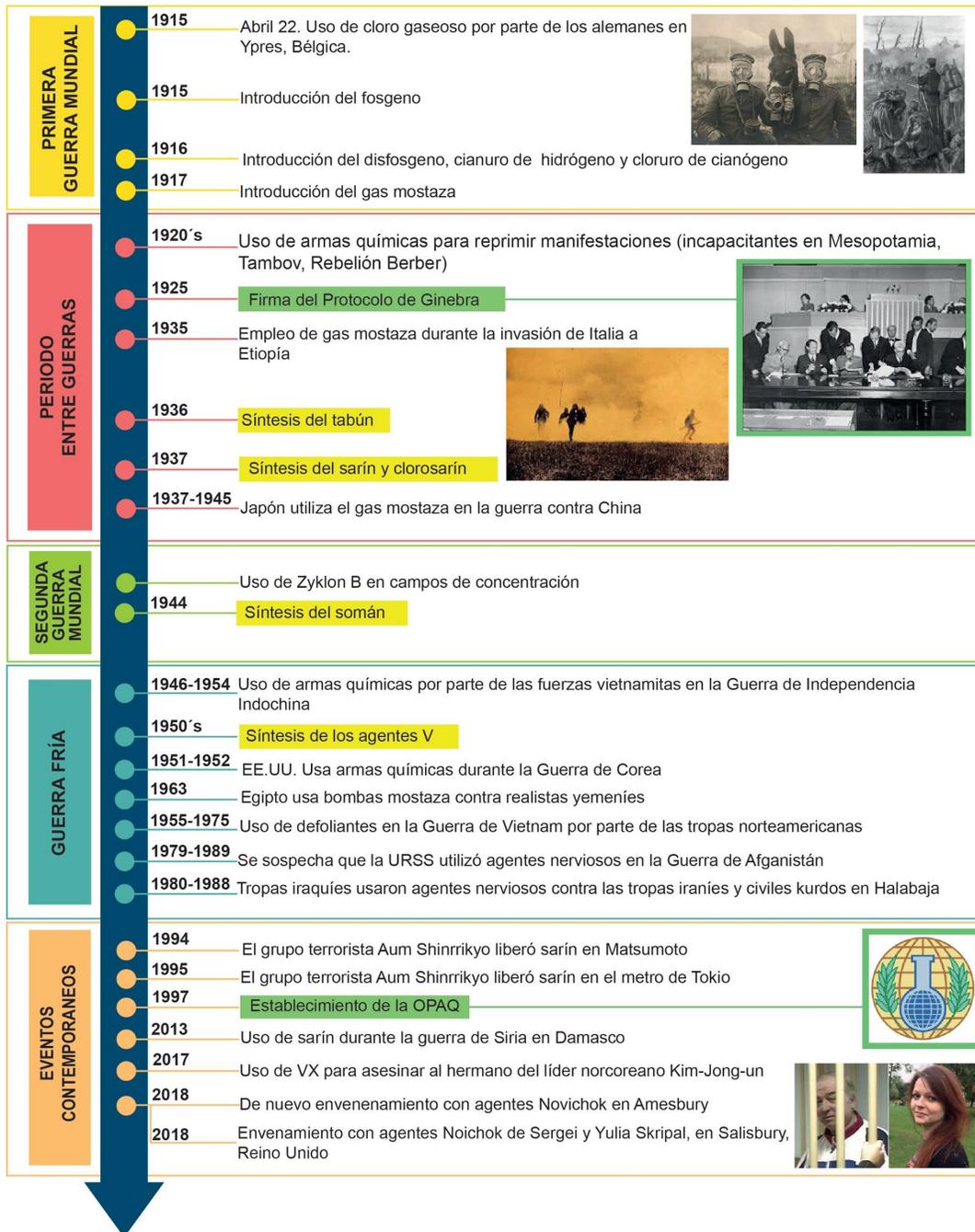
---

<sup>2</sup> Curso impartido por la Facultad de Química, Departamento de Química orgánica UNAM, “Química, guerra y ética” impartido por el doctor Benjamin Ruiz Loyola de la: <https://www.coursera.org/learn/quimica-etica>.

<sup>3</sup> Rene Pitas, *Armas químicas: La Ciencia en manos del Mal*, Plaza y Valdez.

Las dos guerras mundiales que se dieron en la primera mitad del siglo XX representaron un periodo de desarrollo para las armas químicas. Un ejemplo de desarrollo es lo que sucedía en Japón con el Escuadrón 731, quienes se dedicaban a innovar medios de dispersión y documentar los efectos de sintomatología de inicio a fin de armas químicas y biológicas probándose directamente en grupos de personas. Debido al resultado de muertes y las serias consecuencias por el uso de armas químicas surge la necesidad de regular el uso de agentes químicos en enfrentamientos y se redacta el “Protocolo para la Prohibición de uso de Gases Asfixiantes, venenosos y otros gases y Métodos Bacteriológicos de Operaciones Militares”, mejor conocido como el “Protocolo de Ginebra”.

Es importante saber que, aunque los alemanes son pioneros en el uso de armas químicas como medio de destrucción masiva, durante la Segunda Guerra Mundial no utilizaron en ningún enfrentamiento dicha tecnología, esto se debió posiblemente al hecho de que Adolfo Hitler tuvo un incidente de intoxicación con gas mostaza en la Primera Guerra Mundial; por consiguiente, los aliados siguieron el ejemplo de no utilizarlos. Sin embargo, si se utilizó monóxido de carbono y cianuro de hidrógeno (Zyklon-B) en los campos de concentración y no se detuvo el desarrollo de compuestos tóxicos, así que en Alemania se crearon los agentes neurotóxicos Tabún, Sarín y Somán. Al fin de la Segunda Guerra Mundial, los aliados al ejército alemán obtuvieron esa información y comenzaron a desarrollar sus propios agentes neurotóxicos. Estados Unidos en conjunto con el Reino Unido desarrollaron el agente VX, sustancia mayormente tóxica que el Sarín; por su parte, la Unión soviética desarrolló el llamado agente RVX, por su nombre en inglés Russian VX.



**Línea de tiempo <sup>4</sup> Algunos de los eventos históricos más relevantes sobre el uso y desarrollo de armas químicas, terrorismo y su regulación.**

<sup>4</sup> Francisco Javier Medina García, 2019, *Novichok, familia de agentes nerviosos*, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México, p.12.

### III. Armas químicas

Para comprender mejor lo que es un arma química podemos tomar en cuenta la siguiente definición: “Las armas químicas son compuestos tóxicos que precisamente por esa capacidad de toxicidad pueden ser empleadas para matar, lesionar e incapacitar a seres humanos, animales y plantas”.<sup>5</sup>

Pero de manera más detallada tenemos a continuación la definición establecida por la Convención en el Artículo II:

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

- 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;
- b) Las municiones o dispositivos destinados de modo expreso a causar la muerte o lesiones mediante las propiedades tóxicas de las sustancias especificadas en el apartado a) que libere el empleo de esas municiones o dispositivos; o
- c) Cualquier equipo destinado de modo expreso a ser utilizado directamente en relación con el empleo de las municiones o dispositivos especificados en el apartado b).<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> *Ibíd.* Curso “Química, guerra y ética”

<sup>6</sup> *Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y sobre su destrucción*, Organización para la prohibición de las Armas Químicas (OPAQ), 2005, p. 3.

Las armas químicas, como se mencionó anteriormente, mostraron en el campo de batalla su alta efectividad y potencial. Así que al hablar de estrategia militar podemos entender el entusiasmo por utilizarlas al considerar los siguientes efectos:

1. Matan gente.
2. Si no llegan a causarles la muerte a los afectados, por lo menos logran incapacitarlos.
3. No distinguen seres vivos, así que simplemente contaminan todo aquellos con lo que tengan contacto. Por ejemplo, ropa, equipos, vehículos, infraestructura.

Debido a estas consecuencias es que se busca evitar el uso de armas químicas, pues en enfrentamientos bélicos también se han afectado poblaciones civiles, ganados y cultivos. Y otro mal uso de dichas armas y que es un foco rojo muy importante, es que se utilice para el terrorismo. Los terroristas también pueden utilizar esas “ventajas” del uso de las armas químicas para llamar la atención pública sobre sus intenciones y objetivos.

Para que una sustancia pueda ser utilizada como arma química debe cumplir con algunas de las siguientes características:

- Toxicidad.
- Deben requerir una baja dosis para que su efecto incapacitante o mortífero resulte.
- Velocidad de acción alta, es decir, debe manifestarse en pocos minutos.
- Requiere manejo fácil y seguro para los que las van a manipular.
- La posibilidad de ejecutar acciones de descontaminación de manera clara y rápida tras su uso, esto por estrategia militar.

También hay que considerar algunos factores de importancia que afectan su efectividad:

### *Clima*

La humedad puede contribuir a disminuir la efectividad al disolver las sustancias, alguna reacción u ocasionar menor dispersión por la acumulación en las gotas de agua.

En un ambiente frío las moléculas se mueven con mayor lentitud, por lo que hay menor dispersión.

El viento podría disolver la concentración, reduciendo su efectividad.

### *Terreno*

No es lo mismo dispersar una sustancia en espacios abiertos, es decir al aire libre, que en un lugar cerrado donde es más factible mantener la concentración y el contacto con las personas-objetivo.<sup>7</sup>

## **3.1 Tipos de armas químicas**

Las armas químicas se pueden clasificar de acuerdo con la manera en que actúan en los organismos. A continuación, describiré dicha clasificación:

- Agentes antidisturbios: no causan propiamente la muerte, pero si la incapacitación de las personas expuestas. De hecho, este tipo de sustancias

---

<sup>7</sup> Op. Cit. Curso "Química, guerra y ética"

no están bajo vigilancia de la OPAQ, pues sí está permitido su uso en caso de que el gobierno necesite controlar civiles.

- Psicotrópicos: son otro tipo de incapacitantes, provocan alucinaciones.
- Defoliantes: son herbicidas, pero administrados en una dosis sumamente alta.
- Agentes sofocantes: estos compuestos lo que hacen es desplazar el oxígeno presente en el aire ocasionando que las personas expuestas tengan sensación de asfixia; al ser inhalado puede ocasionar quemaduras internas.
- Agentes bloqueadores de sangre: desplazan el oxígeno presente en la hemoglobina, impidiendo la oxigenación que brinda el torrente sanguíneo por todo el cuerpo.
- Vesicantes: al contacto con la piel producen vesículas de gran tamaño, incluso causan el mismo efecto en el tejido interno al ser inhalados.
- Agentes neurotóxicos: estas sustancias interrumpen directamente el funcionamiento del sistema nervioso al interferir de la enzima acetilcolinesterasa.
- Toxinas: son sustancias tóxicas producidas por animales, plantas o microbios.

En la siguiente tabla podemos ver de manera comparativa las características de algunos ejemplos de armas químicas de acuerdo con su clasificación.

<b>Características de los agentes químicos</b>					
<b>Agente</b>	<b>Persistencia</b>	<b>Rapidez de acción</b>	<b>Vía de absorción</b>	<b>Sintomatología</b>	<b>Dispersión</b>
<b>Agentes de control de disturbios</b>					
Gas lacrimógeno	Baja	Inmediata	Vías respiratorias, Vía cutánea y vía ocular	Lagrimo, irritación de ojos, nariz, boca y piel; causa inflamación de las vías respiratorias y olcuye los ojos.	Líquido, aerosol
Gas pimienta	Baja	Inmediata			
<b>Agentes asfixiantes</b>					
Cloro	Baja	Variable	Vías respiratorias	Acumulación de fluidos en lo pulmones ocasionando asfixia.	Gas
Fosgeno	Baja	Retardada			
Difosgeno	Baja	Retardada			
Cloropicrina	Baja	Rápida			
<b>Agentes Vesicantes</b>					
Mostaza de azufre	Muy alta	Retardada	Vías respiratorias y vía cutánea	Quemaduras de piel, membranas mucosas y ojos; grandes ampollas en la superficie expuesta; ampollas en la tráquea y pulmones.	Líquido, aerosol, vapor y polvo
Mostaza de nitrógeno	Alta	Retardada			
Oxima de fosgeno	Baja	Inmediata			
Lewista	Alta	Rápida			
<b>Agentes bloqueadores de sangre</b>					
Cianuro de hidrógeno	Baja	Rápida	Vías respiratorias	El cianuro anula la capacidad de los tejido hemáticos para utilizar el oxígeno, causando muerte por inanición y estrangulando el corazón.	Gas
Cloruro de cianógeno	Baja	Rápida			
Arsina	Baja	Rápida			
<b>Agentes neurotóxicos</b>					
Tabún (GA)	Baja	Muy rápida	Vías respiratorias	Bloquea directamente el sistema nervioso; puede ocasionar ataques epilépticos; parálisis en los músculos, incluyendo el diafragma y corazón; en cierta dosis puede ocasionar la muerte.	Líquido, aerosol, vapor y polvo
Sarín (GB)	Baja	Muy rápida			
Somán (GD)	Moderada	Muy rápida			
Ciclosarín (GF)	Moderada	Muy rápida			
VX	Muy alta	Muy rápida	Vía cutánea		

Tabla 1<sup>8</sup> Descripción de las generalidades de las armas químicas de acuerdo con su tipo.

De acuerdo con su desarrollo tenemos cuatro generaciones de armas químicas, siendo cada generación más nociva para el ser humano.

<sup>8</sup> " Organización para la prohibición de las armas químicas (OPAQ), p. 3. Recurso en línea: <https://www.refworld.org.es/pdfid/5ad4ee3d4.pdf>

<b>Generaciones de armas químicas</b>		
<b>Generación</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Ejemplos</b>
1	Agentes asfixiantes	Fosgeno, difosgeno, cloropicrina
	Agentes bloqueadores de sangre	Cianuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno
	Agentes vesicantes	HD, L / HN-1,2,3
2	Agentes nerviosos G	GA, GB, GD
	Agentes nerviosos V	VX, R-33
3	Agentes binarios	GB-2, VX,2, IVA-2
4	Sustancias Novichok	A-230, A232, A-234

**Tabla 2<sup>9</sup> Generaciones de armas químicas**

Cómo se puede observar en la Tabla 2, los agentes nerviosos son los que más han tenido desarrollo e innovación. Este hecho quizás se deba a su efectividad para fines bélicos o terroristas.

#### **IV. La Convención y la formación de la Organización para la Prohibición de Armas Químicas**

La regulación de armamento y sustancias químicas con fines bélicos comienza en 1868<sup>10</sup>, pero El Protocolo de Ginebra es el primer tratado para prohibir el uso de armas químicas, el cual se firma el 17 de junio de 1925 y entra en vigor hasta el 8

<sup>9</sup> Vladimir Pitschman,(2014), "Overall View of Chemical and Biochemical Weapons,Research gates (Toxins), 6, 1762-1784.

<sup>10</sup> Alejandra Díaz Gutierrez, 2010, *El papel de la Convención de Armas Químicas en la creación de un ambiente de seguridad y estabilidad internacional frente al terrorismo químico*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México, p. 40

de febrero de 1928. Algunos de los problemas de este tratado es que no prohíbe el desarrollo, producción o almacenamiento de armas químicas, tampoco prohíbe el uso de armas químicas en contra de países que no forman parte del Protocolo.

Posteriormente, en 1997 entra en vigor la Convención de Armas Químicas (CAQ), tratado que cuenta con protocolos de monitoreo e inspección con la misión de tener un mundo libre de armas químicas. Contiene veinticinco artículos, en los que cita definiciones, actividades, medidas, declaraciones y obligaciones a las que los 193 Estados Parte que la conforman se comprometen estando dentro.

La Convención se rige mediante cuatro acciones principales:

- Destruir todas las armas químicas existentes, esto tras la declaración de armas químicas que cada país presente.
- Monitorear la industria química para prevenir que las armas químicas reemerjan.
- Proveer asistencia y protección a los Estados Parte contra cualquier tipo de amenaza química.
- Alentar la cooperación internacional para fortalecer la implementación de la Convención y promover el uso pacífico de la química.<sup>11</sup>

Uno de los artículos claves de la Convención es el Artículo II en el cual se definen ampliamente las armas químicas y todos los términos referentes, que para fines prácticos se pueden clasificar y definir de la siguiente manera:

- **Sustancias químicas y sus precursores:** Cualquier sustancia química que mediante su interacción pueda causar muerte, incapacitar o causar daño a la

---

<sup>11</sup> *Op. cit.* Convención sobre la prohibición del desarrollo...

vida humana o animal. Así mismo los precursores que se usan para la producción de sustancias químicas tóxicas. Esto incluye todas las sustancias químicas sin importar su origen o método de producción.

- ***Municiones o dispositivos:*** Cualquier munición o dispositivo específicamente designado para causar daño o muerte mediante el lanzamiento y liberación de sustancias tóxicas. Entre estos podemos encontrar morteros, proyectiles de artillería, misiles, bombas, minas o tanques de gas.
- ***Equipo conectado directamente con municiones y dispositivos:*** Cualquier equipo específicamente diseñado para usarse en conexión directa con el empleo de municiones y dispositivos identificados como armas químicas.

Con el fin de tener la infraestructura, regular y llevar a cabo las acciones que la Convención requiere, surge la Organización para la Prohibición de Armas Químicas (OPAQ) con sede en la Haya, Países Bajos. La OPAQ tiene como objetivos el desarme químico, evitar su resurgimiento y la encomienda de estipular las restricciones al comercio internacional para todas aquellas sustancias químicas tóxicas y sus precursores que puedan ser empleados como armas químicas, esto incluye inspecciones a las instalaciones en que se produzcan, elaboren o consuman tales sustancias.

#### **4.1 Listados Anexos a La Convención de Armas Químicas**

Retomando el objeto de estudio de esta investigación, los Listados Anexos a La Convención son tres documentos, que, mediante algunos criterios y directrices, enumeran un conjunto de sustancias tóxicas y sus precursores con sus correspondientes números del Chemical Abstract Service (CAS).

#### 4.1.1 Lista 1

Este listado contiene sustancias químicas que son consideradas de alto riesgo para el objeto y propósito de la Convención, pues son directamente las sustancias que tienen empleo potencial en actividades prohibidas por la CAQ. Las sustancias enumeradas son básicamente armas químicas y sus precursores, dichas sustancias carecen de usos industriales o con fines pacíficos. En la lista hay sustancias que ya han formado parte de la historia de las armas químicas, es decir se han producido, almacenado o empleado como armas químicas; algunos ejemplos son el agente VX, gas sarín y gas mostaza.

Las directrices establecidas por la OPAQ para incluir alguna sustancia a este listado son:

- A. Se ha desarrollado, producido, almacenado o empleado como arma química según la definición del Artículo II;
- B. Plantea de otro modo un peligro grave para el objeto y propósito de la presente Convención debido a su elevado potencial de empleo en actividades prohibidas por ella al cumplirse una o más de las condiciones siguientes:
  - I. Posee una estructura química estrechamente relacionada con la de otras sustancias químicas tóxicas enumeradas en la Lista 1 y tiene propiedades comparables, o cabe prever que las tenga;
  - II. Posee tal toxicidad letal o incapacitante y otras propiedades que podrían permitir su empleo como arma química;
  - III. Puede emplearse como precursor en la fase tecnológica final única de producción de una sustancia química tóxica enumerada en la Lista

1, con independencia de que esa fase ocurra en instalaciones, en municiones o en otra parte;

C. Tiene escasa o nula utilidad para fines no prohibidos por la presente Convención.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup>Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción, el Almacenamiento y el Empleo de Armas Químicas y sobre su Destrucción, 2020, recuperado el 25 de octubre de 2020, de [https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/CWC/CWC\\_es.pdf](https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/CWC/CWC_es.pdf) p. 49.

<b>LISTA 1</b>	
<b>Parte A. Sustancias</b>	<b>No. CAS</b>
1A(1) <b>Alquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosfonofluoridatos de 0-alquilo (&lt;="" td="")</b>	
Sarín: Metilfosfonofluoridato de 0-isopropilo	107-44-8
Somán: Metilfosfonofluoridato de 0-pinacolilo	96-64-0
1A(2) <b>N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosforamidocianidatos de 0-alquilo (&lt;="" td="")</b>	
Tabún: N,N-dimetilfosforamidocianidato de 0-etilo	77-81-6
1A(3) <b>S-2-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) aminoetilalquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosfonotiolatos de 0-alquilo (H ó&lt;="" td="")</b>	
VX: S-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonotiolato de 0-etilo	50782-69-9
1A(4) <b>Mostazas de azufre:</b>	
Clorometilsulfuro de 2-cloroetil	2625-76-5
Gas mostaza: sulfuro de bis (2-cloroetil)	505-60-2
Bis(2-cloroetil)metano	63869-13-6
Sesquimostaza: 1,2-bis(2-cloroetil)etano	3563-36-8
1,3-bis(2-cloroetil)propano normal	63905-10-2
1,4-bis(2-cloroetil)butano normal	142868-93-7
1,5-bis(2-cloroetil)pentano normal	142868-94-8
Bis(2-cloroetil)metiléter	63918-90-1
Mostaza O: bis(2-cloroetil)éter	63918-89-8
1A(5) <b>Lewisitas:</b>	
Lewisita 1: 2-clorovinildicloroarsina	541-25-3
Lewisita 2: bis(2-clorovinil) cloroarsina	4033-69-8
Lewisita 3: tris(2-clorovinil) arsina	4033-70-1
1A(6) <b>Mostazas de nitrógeno:</b>	
HN1: bis(2-cloroetil) etilamina	538-07-8
HN2: bis(2-cloroetil) metilamina	51-75-2
HN3: tris(2-cloroetil) amina	555-77-1
1A(7) <b>Saxitoxina</b>	35523-89-8
1A(8) <b>Ricina</b>	9009-86-3
<b>Parte B. Precursores</b>	<b>No. CAS</b>
1B(9) <b>Fosfonodifluoruros de alquilo (metilo, etilo, propilo (normal o isopropilo))</b>	
DF: metilfosfonodifluoruro	676-99-3
etilfosfonil difluoruro	753-98-0
propilfosfonil difluoruro	690-14-2
isopropilfosfonil difluoruro	677-42-9
1B(10) <b>0-2-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) aminoetilalquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosfonitos de 0-alquilo (H ó&lt;="" td="")</b>	
QL: 0-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonito de 0-etilo	57856-11-8
1B(11) <b>Cloro Sarín: metilfosfonocloridato de 0-isopropilo</b>	1445-76-7
1B(12) <b>Cloro Somán: metilfosfonocloridato de 0-pinacolilo</b>	7040-57-5

Tabla 3. Lista 1

#### 4.1.2 Lista 2

A esta lista pertenecen las sustancias químicas y precursores que representan algún riesgo para el objeto y propósito de la Convención por sus propiedades tóxicas, pero con la característica de que también pueden ser sustancias empleadas para usos industriales.

Estas sustancias con uso dual deben cumplir con alguna de las siguientes especificaciones:

- A. Plantea un peligro considerable para el objeto y propósito de la presente Convención porque posee tal toxicidad letal o incapacitante y otras propiedades que podrían permitir su empleo como arma química;
- B. Puede emplearse como precursor en una de las reacciones químicas de la fase final de formación de una sustancia química enumerada en la Lista 1 o en la parte A de la Lista 2;
- C. Plantea un peligro considerable para el objeto y propósito de la presente Convención debido a su importancia en la producción de una sustancia química enumerada en la Lista 1 o en la parte A de la Lista 2;
- D. No se produce en grandes cantidades comerciales para fines no prohibidos por la presente Convención.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> *Ibid.* p. 54.

<b>LISTA 2</b>		
<b>Parte A. Sustancias</b>		<b>No. CAS</b>
2A(1)	<b>Amitón: Fosforotiolato de 0,0-dietil S-2-(dietilamino) etil y sales alquiladas o protonadas correspondientes</b>	78-53-5
2A(2)	<b>PFIB: 1,1,3,3,3-pentafluoro-2-(trifluorometil) de 1-propeno</b>	382-21-8
2A(3)	<b>BZ: Bencilato de 3-quinuclidinilo (*)</b>	6581-21-8
<b>Parte B. Precursores</b>		<b>No. CAS</b>
2B(4)	<b>Sustancias químicas, excepto las sustancias enumeradas en la Lista 1, que contengan un átomo de fósforo al que esté enlazado un grupo metilo, etilo o propilo (normal o isopropilo), pero no otros átomos de carbono</b>	
	Dicloruro de metilfosfonilo	676-97-1
	Metilfosfonato de dimetilo	756-79-6
	<i>Excepción: etilfosfonotiolotionato de O-etilo S-fenilo</i>	944-22-9
2B(5)	<b>Dihaluros N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosforamídicos</b>	
2B(6)	<b>N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosforamidatos dialquílicos (metílicos, etílicos, propílicos (propilo normal o isopropilo))</b>	
2B(7)	<b>Tricloruro de arsénico</b>	7784-34-1
2B(8)	<b>Acido 2,2-difenil-2-hidroxiacético</b>	76-93-7
2B(9)	<b>Quinuclidinol-3</b>	1619-34-7
2B(10)	<b>Cloruros de N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) aminoetilo-2 y sales protonadas correspondientes</b>	
2B(11)	<b>N,N-dialquil (metil, etil, propil (propilo normal o isopropilo)) aminoetanol-2 y sales protonadas correspondientes</b>	
	<i>Excepciones:</i>	
	<i>N,N-dimetilaminoetanol y sales protonadas correspondientes</i>	108-01-0
	<i>N,N-dietilaminoetanol y sales protonadas correspondientes</i>	100-37-8
2B(12)	<b>N,N-dialquil (metil, etil, propil (propilo normal o isopropilo)) aminoetanoltioles-2 y sales protonadas correspondientes</b>	
2B(13)	<b>Tiodiglicol: sulfuro de bis (2-hidroxi etilo)</b>	111-48-8
2B(14)	<b>Alcohol pinacolílico: 3,3-dimetilbutanol-2</b>	464-07-3

Tabla 4. Lista 2

#### 4.1.3 Lista 3

Finalmente, el último listado, incluye productos químicos que pueden llegar a ser utilizados como precursores, sustancias que pueden emplearse para la producción de cualquiera de las sustancias de la Lista 1 y Lista 2. Estas sustancias pueden principalmente producirse industrialmente en grandes cantidades para fines no prohibidos por la Convención.

Para este listado se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- A. Se ha producido, almacenado o empleado como arma química;
- B. Plantea de otro modo un peligro para el objeto y propósito de la presente Convención porque posee tal toxicidad letal o incapacitante y otras propiedades que podrían permitir su empleo como arma química;
- C. Plantea un peligro para el objeto y propósito de la presente Convención debido a su importancia en la producción de una o más sustancias químicas enumeradas en la Lista 1 o en la parte B de la Lista 2;
- D. Puede producirse en grandes cantidades comerciales para fines no prohibidos por la presente Convención.<sup>14</sup>

<b>LISTA 3</b>	
<b>Parte A. Sustancias</b>	<b>No. CAS</b>
3A(1) Fosgeno	75-44-5
3A(2) Cloruro de cianógeno	506-77-4
3A(3) Cianuro de hidrógeno	74-90-8
3a(4) Cloropicrina: tricloronitrometano	76-06-2
<b>Parte B. Precursores</b>	<b>No. CAS</b>
3B(5) Oxicloruro de fósforo	10025-87-3
3B(6) Tricloruro de fósforo	7719-12-2
3B(7) Pentacloruro de fósforo	10026-13-8
3B(8) Fosfito trimetilico	121-45-9
3B(9) Fosfito trietilico	122-52-1
3B(10) Fosfito dimetilico	868-85-9
3B(11) Fosfito dietilico	762-04-9
3B(12) Monocloruro de azufre	10025-67-9
3B(13) Dicloruro de azufre	10545-99-0
3B(14) Cloruro de tionilo	7719-09-7
3B(15) Etildietanolamina	139-87-7
3B(16) Metildietanolamina	105-59-9
3B(17) Trietanolamina	102-71-16

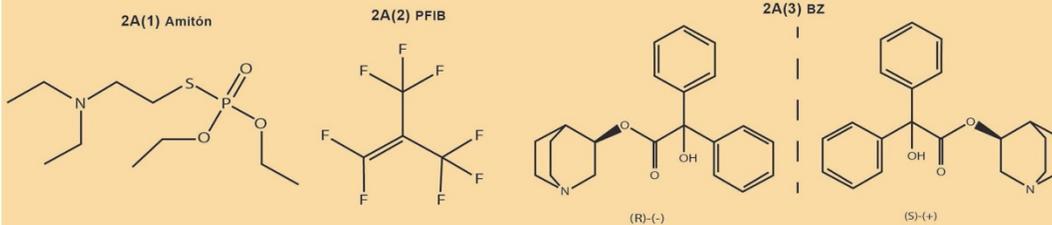
Tabla 5. Lista 3

<sup>14</sup> *Ibid.*



**PARTE A: SUSTANCIAS**

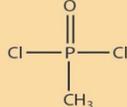
**LISTA 2**



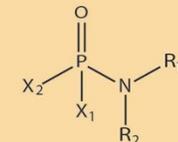
**PARTE B: PRECURSORES**



Ejemplo Dicloruro de metilfosfonilo

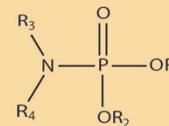


2B(5) Dihaluros N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosforamidicos



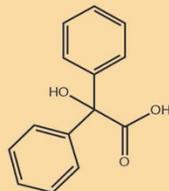
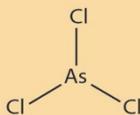
$R_1, R_2 = \text{Me, Et, n-Pr, i-Pr}$   
 $X_1, X_2 = \text{Halógenos}$

2B(6) N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) fosforamidatos dialqulicos (metilicos, etilicos, propilicos (propilo normal o isopropilo))

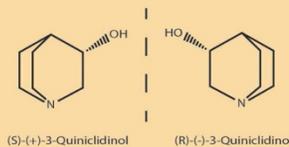


$R_1, R_2, R_3, R_4 = \text{Me, Et, n-Pr, i-Pr}$

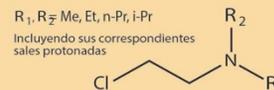
2B(7) Tricloruro de arsénico 2B(8) Acido 2,2-difenil-2-hidroxiacético



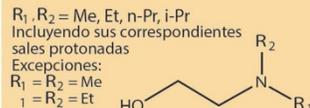
2B(9) Quinuclidinol-3



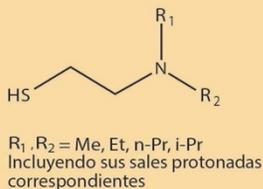
2B(10) Cloruros de N,N-dialquil (metil, etil, propil (normal o isopropil)) aminoetilo-2 y sales protonadas correspondientes



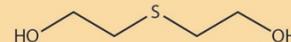
2B(11) N,N-dialquil (metil, etil, propil (propilo normal o isopropilo)) aminoetanolos-2 y sales protonadas correspondientes



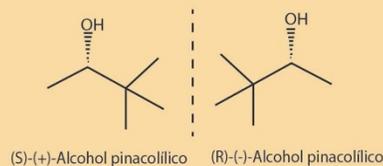
2B(12) N,N-dialquil (metil, etil, propil (propilo normal o isopropilo)) aminoetanoltioles-2 y sales protonadas correspondientes



2B(13) Tiodiglicol



2B(14) Alcohol pinacolilico

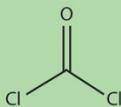


**Esquema 2. Basado en la publicación *A Visual Guide to Science and Technology Relevant to the Chemical Weapons Convention*, OPCW.**

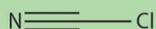
## LISTA 3

### PARTE A: SUSTANCIAS

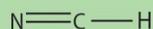
3A(1) Fosgeno



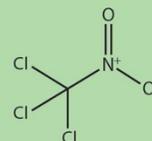
3A(2) Cloruro de cianógeno



3A(3) Cianuro de hidrógeno



3A(4) Cloropicrina: tricloronitrometano

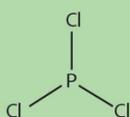


### PARTE B: PRECURSORES

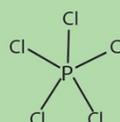
3B (5) Oxicloruro de fósforo



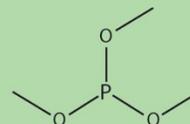
3B(6) Tricloruro de fósforo



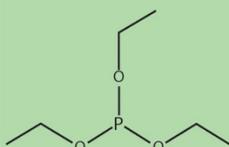
3B(7) Pentacloruro de fósforo



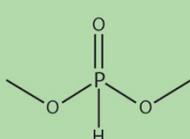
3B(8) Fosfito trimetilico



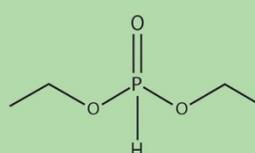
3B (9) Fosfito trietilico



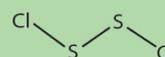
3B(10) Fosfito dimetilico



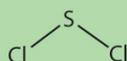
3B(11) Fosfito dietilico



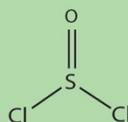
3B(12) Monocloruro de azufre



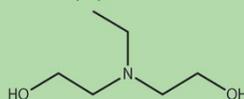
3B(13) Dicloruro de azufre



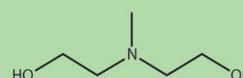
3B(14) Cloruro de tionilo



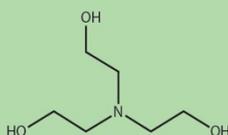
3B(15) Etildietanolamina



3B(16) Metildietanolamina



3B(17) Trietanolamina



Esquema 3. Basado en la publicación *A Visual Guide to Science and Technology Relevant to the Chemical Weapons Convention*, OPCW.

## V. Uso Dual<sup>15</sup>

Conocemos la postura científica en donde la prioridad es seguir innovando, obteniendo tecnologías y sobre todo compartir información, pero el problema es en manos de quién puede caer esa información. El dilema es que muchas de las tecnologías emergentes con potencial para hacer el bien son también capaces de crear los mayores daños, a esto se le llama “uso dual”. La Organización Mundial de la Salud mencionó en 2004, cómo cada gran avance en la tecnología durante el pasado se ha explotado no sólo para propósitos pacíficos sino también para todo lo contrario, y que es ahí donde se posiciona un gran reto a la humanidad.

El “Uso dual”, en contexto de seguridad y defensa nacionales, son aquellas tecnologías que tienen aplicación y/o uso civil y militar. Por otra parte, el uso dual se refiere a materiales, hardware y conocimiento que tiene aplicaciones pacíficas pero que pueden ser utilizadas y explotadas para la producción ilícita de armas nucleares, químicas o biológicas. Por ejemplo, ciertos ingredientes en la producción de tintas, pesticidas y retardantes de fuego son también precursores o intermediarios en la producción de agentes de guerra química. El enriquecimiento de plutonio puede generar energía eléctrica para una comunidad o puede emplearse para un arma nuclear; finalmente un ejemplo aún más sencillo es un tanque que se puede utilizar para fermentación de uso comercial, puede también ser empleado para cultivar un virus o bacteria.

El mal uso de los recursos tecnológicos y la información claramente nos puede llevar a daños graves, algunas de estas posibilidades son: facilidad para la producción y desarrollo de agentes de guerra químicos o biológicos, el incremento del entendimiento de la biología humana es usado en contra y la falta de precisión

---

<sup>15</sup> *Op. Cit. Innovation, Dual Use, and Security...* p. ix

o huecos en normas y tratados que puedan ser identificados por terroristas y sean utilizados para su conveniencia. A continuación, posibles escenarios:

- a) Las tecnologías de uso dual pueden facilitar o acelerar la producción de agentes químicos o biológicos. Por ejemplo, producir un virus a partir de la herida de un rasguño mediante la síntesis del genoma.
- b) Con las tecnologías de uso dual se puede ayudar a identificar o desarrollar nuevos agentes de guerra, ya sea químicos o biológicos. Por ejemplo, se puede sintetizar patógenos o toxinas con resistencia a las medidas médicas estándar.
- c) Los conocimientos tecnológicos que ayudan a incrementar el entendimiento de la biología humana pueden ser usados de forma negativa. Por ejemplo, los avances de la neurociencia y psicofarmacología contribuyendo al desarrollo de drogas que afectan la memoria humana, cognición o emociones.
- d) El conocimiento de tecnologías químicas y biológicas pueden conducir a quebrantar normas internacionales.

### **5.1 Uso Dual de los listados 2 y 3**

A continuación, algunos ejemplos de Usos No Prohibidos por la Convención para las sustancias de las Listas 2 y 3, que por lo tanto representan un claro ejemplo de uso dual.

<b>USOS COMERCIALES: LISTA 2</b>		
<b>SUSTANCIA</b>	<b>USO INDUSTRIAL</b>	
<b>SUSTANCIAS</b>		
2A(1) <b>Amitón</b>	Pesticida comercial.	
2A(2) <b>PFIB</b>	Utilizado en la producción de teflón.	
2A(3) <b>BZ</b>	Producción de fármacos.	
2A(4) <b>Dicloruro de metilfosfónico, Metilfosfonato de dimetilo</b>	Agentes antiespuma, aditivos para gasolina/petróleo, reducción de viscosidad, tratamiento de textiles, piroretardantes, medicamentos.	
<b>PRECURSORES</b>		
2B(5) <b>Familia de Dihaluros de N, N-Dialquil fosforamídico</b>	Elaboración de pesticidas para uso casero, industrial o agrícola.	
2B(6) <b>Familia de N,N-dialquil fosforamidatos dialquílicos</b>	Agentes piroretardantes (aplicaciones patentadas).	
2B(7) <b>Tricloruro de arsénico</b>	Purificación de arsénico, fabricación de semiconductores, catalizador, fabricación de CFC .	
2B(8) <b>Acido 2,2-difenil 2-hidroxiacético</b>	Pulido de acero inoxidable, catalizador para uretanos, tratamiento contra chinches para la ropa.	
2B(9) <b>Quinuclidin-3-ol</b>	Desarrollo de medicamentos, catalizador/reactivo de laboratorio.	
2B(10) <b>Familia de Cloruro de N, N-dialquil aminoetil-2</b>	Medicamentos, agroquímicos, tintes.	
2B(11) <b>Familia del N, N- Dialquil aminoetanol-2</b>	Producción de Tioles orgánicos.	
2B(12) <b>Familia de N, N, dialquil aminoetanol-2 tioles</b>	Medicamentos, saborizantes para alimentos, antibacterianos.	
2B(13) <b>Tiodiglicol</b>	Agente humectante en teñido textil, solvente de tintes, producción de éteres para lubricantes, antioxidante, tratamiento de tejidos de algodón, tinta para bolígrafos, grabado de acero, producción de resinas epóxido, producción de anticorrosivos.	
2B(14) <b>Alcohol Pinacolílico</b>	Síntesis orgánica.	

Tabla 6. Usos comerciales de las sustancias de la Lista 2.<sup>16</sup>

<sup>16</sup>Programa de Asistencia en la implementación de la Convención sobre las Armas Químicas, Sección 4, p. 82. <https://studylib.es/doc/5515995/sustancias-qu%C3%ADmicas> (PDF).

<b>USOS COMERCIALES: LISTA 3</b>		
<b>SUSTANCIA</b>	<b>USO INDUSTRIAL</b>	
<b>SUSTANCIAS</b>		
3A(1) <b>Fosgeno</b>	Isocianatos, policarbonatos, fármacos, perfumes, endulcolorantes, fumigantes, tintes, agente clorante.	
3A(2) <b>Cloruro de cianógeno</b>	Herbicidas, tintes, vitaminas, vulcanización de caucho, reactivo de laboratorios.	
3A(3) <b>Cianuro de hidrógeno</b>	Adiponitrilo, acetonaclanhidrina, cianuro de sodio, cloruro cianúrico, metionina, plásticos, pesticidas, blanqueadores, fármacos, desinfectantes, fumigantes.	
3A(4) <b>Cloropicrina: tricloronitrometano</b>	Fumigante, antioxidante.	
<b>PRECURSORES</b>		
3B(5) <b>Oxiclورو de fósforo</b>	Piroretardantes, plastificantes, plásticos, elastómeros, surfactante, pesticidas,	
3B(6) <b>Tricloruro de fósforo</b>	aceites lubricantes, grasas, solvente, catalizador.	
3B(7) <b>Pentacloruro de fósforo</b>	Catalizador, agente clorante, piroretardante, polímeros, surfactante, baterías.	
3B(8) <b>Fosfito trimetilico</b>	Insecticidas, adhesivos, plásticos poliolefinicos, piroretardantes, monoéteres, otros fosfitos.	
3B(9) <b>Fosfito trietilico</b>	Pesticidas, aditivos plásticos, piroretardantes, inhibidor de corrosión, antioxidante, reductor de viscosidad.	
3B(10) <b>Fosfito dimetilico</b>	Inhibidor de corrosión, antioxidante, estabilizador, adhesivos, pesticidas, antimicóticos, piroretardantes.	
3B(11) <b>Fosfito dietilico</b>	Preservativo de color, catalizador, antimicóticos, insecticidas, aditivo de lubricantes.	
3B(12) <b>Monocloruro de azufre</b>	Vulcanización de caucho, aditivo de lubricantes, antioxidantesm reticulación por enlaces, solvente, catalizador.	
3B(13) <b>Dicloruro de azufre</b>	Agente clorante, pesticidas, aditivos de lubricantes, antioxidantes, fungicidas, antibióticos.	
3B(14) <b>Cloruro de tionilo</b>	Cloruros ácidos, herbicidas, insecticidas, fumigantes, miticidas, termoplásticos, surfactante, fármacos, vitaminas, tintes, reactivos para fotografía, catalizador, agente clorante, desarrollo de baterías.	
3B(15) <b>Etildietanolamina</b>	Surfactante, purificación de gas, galvanoplastia, lubricantes, desoxidación,	
3B(16) <b>Metildietanolamina</b>	decapado del acero, coagulantes, agentes suavizantes, agentes antiestáticos,	
3B(17) <b>Trietanolamina</b>	fibras sintéticas, piroretardantes, uretanos, pesticidas, carburantes.	

Tabla 7. Usos comerciales de las sustancias de la Lista 3.<sup>17</sup>

Es importante entender que, es más sencillo controlar y monitorear las sustancias que su uso es específico para armas químicas, en el sentido que ya están ubicadas como potencial peligro y cualquier uso de ellas llama la atención de la OPAQ. El problema radica en aquellas que tienen un uso dual porque hay que asegurar que su uso sea puramente con fines industriales y no se les llegue a dar

<sup>17</sup> *Ibid.*

algún uso en contra de la humanidad, como es el caso de la producción de armas químicas. Esta situación sin duda puede repercutir en la industria química por todas las restricciones al comercio internacional que la CAQ estipula en sus acciones de monitoreo y vigilancia. La Secretaría Técnica de la OPAQ, encargada de las inspecciones, tiene la intención de evitar intrusiones indebidas y reducir los inconvenientes al máximo, pero a su vez mantener la efectividad en su labor de vigilancia. Con este objetivo la OPAQ establece valores de producción, adquisición, posesión y empleo para todas las sustancias dentro de los listados anexos a la Convención, en la siguiente tabla se muestran los valores.

Listado	Valores de declaración	Valores de inspección
Lista 1	· Instalación única en pequeña escala / Instalación con fines de protección: cualquier cantidad	· Instalación única en pequeña escala / Instalación con fines de protección: cualquier cantidad
	· Otras instalaciones: 100 g	· Otras instalaciones: 100 g
Lista 2	· BZ: 1 kg	· BZ: 10 kg
	· Cualquiera de las demás sustancias tóxicas: 100 kg	· Cualquiera de las demás sustancias tóxicas: 1 ton <sup>3</sup>
Lista 3	· Cualquiera de los precursores: 1 ton <sup>3</sup>	· Cualquiera de los precursores: 10 ton <sup>3</sup>
	· Para sustancias y precursores: 30 ton <sup>3</sup>	· Para sustancias y precursores: 200 ton <sup>3</sup>
SQOD no incluidas en las listas	200 ton <sup>3</sup>	200 ton <sup>3</sup>
Sustancias químicas SPF	30 ton <sup>3</sup>	200 ton <sup>3</sup>

Tabla 8. Listados anexos la CAQ y los valores de declaración e inspección establecidos por la OPAQ <sup>18</sup>

## 5.2 Uso dual y problemática actual

Los Listados anexos a la Convención, como ya mencioné, son la guía para poder tener un control y trazabilidad de las sustancias con uso dual en el mercado industrial. El tema por tratar ahora, son las sustancias que comercializan libremente,

<sup>18</sup> Ficha descriptiva 7: *Vigilancia de las sustancias químicas con posibles aplicaciones como armas químicas*, p. 4.

pero tienen potencial como arma química o alguno de sus precursores, es decir, la actualización de las listas.

Uno de los casos que han llamado fuertemente la atención de la OPAQ para la actualización de Los listados es el atentado ocurrido el 4 de marzo de 2018 en Salisbury, Reino Unido con el uso de un arma química, los involucrados fueron Sergei Skripal, un ex-espía (antiguo oficial del servicio de inteligencia) ruso quien se encontraba con su hija, Yulia. Skripal fue culpado por filtrar secretos al Reino Unido, lo liberaron en 2010 y se mudó a Reino Unido. Ambos fueron encontrados inconscientes en un centro comercial, pero el envenenamiento fue en su casa; encontraron gran cantidad del compuesto tóxico en la perilla de la puerta.

El compuesto utilizado forma parte de una familia de derivados conocida como agentes Novichok. Esto fue confirmado por el Laboratorio Británico de Ciencia y Tecnología de Defensa de Porton Down, entre otros laboratorios. Es importante recalcar que la producción de este compuesto requiere conocimientos e instalaciones muy específicas, por lo cual Rusia es el principal sospechoso en este ataque. La primera ministra, Teresa May, declaró: “O esta fue una acción directa del Estado Ruso a nuestro país, o el Gobierno Ruso perdió el control sobre la sustancia con potencial de destrucción catastrófico y permitió que cayera en manos de otros”<sup>19</sup>El siguiente atentado con estos compuestos fue el 13 de julio de 2018 en Amesbury. El resultado fue una muerte y una persona gravemente herida.

Tras estos eventos tenemos situaciones preocupantes:

---

<sup>19</sup> Eugenie Nepovimova, Kamil Kuca, *Chemical warfare agent NOVICHOK - mini-review of available data*, *Food and chemical Toxicology* 121: 343-350.

- Un incumplimiento a la Convención por parte de Rusia, pues no declaró estas sustancias ni sus instalaciones de producción. Incluso si no fuesen culpables del atentado ocurrido, la falta a lo establecido en la Convención es innegable. “Rusia es el único estado reconocido que ha producido Novichoks”.<sup>20</sup> La posible fuga de información respecto a las sustancias y/o la sustancia físicamente, por lo tanto, es un riesgo latente en el uso de estas sustancias.
- El libre tránsito de este tipo de sustancias o sus precursores, así como sus formas binarias.

### 5.3 Agentes Novichok<sup>21</sup>

La familia de agentes Novichok son un grupo de compuestos organofosforados clasificados por su mecanismo de acción en los organismos como agentes neurotóxicos. Estos compuestos pertenecen a la cuarta generación de armas químicas, siendo los más fuertes en su tipo. Vil Mirzayanov, químico ruso, declaró que fueron desarrollados por los rusos dentro del programa investigación y desarrollo de armas químicas binarias, llamado Foliant entre los años 1973 y 1976.<sup>22</sup>

Los agentes Novichok pueden ser dispersados en estado líquido, polvo fino o como gas. Una persona puede intoxicarse con alguna de estas sustancias por inhalación, exposición en ojos, ingestión o pueden ser absorbidos por la piel. Sus principales efectos, cómo cualquier agente neurotóxico es el bloqueo de la enzima

---

<sup>20</sup>Damien Sharkov, 2018, “Novichok Chemical Weapon Developer Says Half a Cup Would Have Killed Skripal and Entire Town”, <https://www.newsweek.com/novichok-weapon-developer-says-half-cup-would-have-killed-skripal-and-entire-910343>

<sup>21</sup> *Op. Cit.* Francisco Javier Medina, *Tesis licenciatura...*

<sup>22</sup>Jonathan B. Tucker, *Viewpoint: Converting Former Soviet Chemical Weapons Plants*, p. 78 <https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/npr/tucker41.pdf>

acetilcolinesterasa en el sistema nervioso, ocasionando algunos de los siguientes síntomas:

- Mucosidad excesiva, lagrimeo, salivación y sudor
- Contracción de las pupilas
- Bronco-constricción y presión en el pecho, esto debido a la inflamación de los tejidos de las vías respiratorias ocasionando dificultad para respirar
- Náusea, dolor gastrointestinal y vómito
- Descontrol muscular y calambres
- Espasmos, convulsiones y pérdida del control de los esfínteres
- Paro respiratorio
- Muerte

### **5.3.1 Estructuras de las sustancias Novichok**

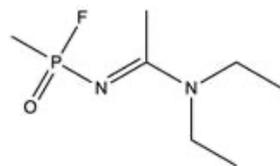
No existe información certera sobre las estructuras químicas de las sustancias Novichok, sin embargo, hay tres propuestas por parte de Vil Mirzayanov, Hoenig y Hossein, respectivamente.

A continuación, explicaré brevemente cada propuesta.

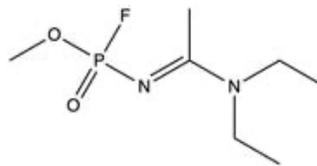
#### **a) Vil Mirzayanov**

Vil Mirzayanov desarrolló métodos para detectar agentes nerviosos sintetizados, logrando ayudar a encontrar trazas de los agentes e indicios de su producción en laboratorios. Por su contribución es que se conoce públicamente información sobre los agentes Novichok. Este científico cuenta en su libro “*Secretos de Estado*” que

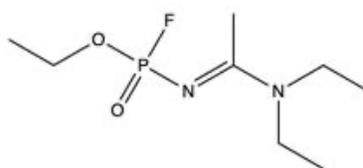
se desarrollaron una variedad de compuestos basados en la agrupación P-O-F. Uno de esos desarrollos fue la molécula llamada A-230, y sus variaciones (A-232, A-234), las cuales fueron adoptadas como armas químicas por el Ejército Soviético.



A-230



A-232



A-234

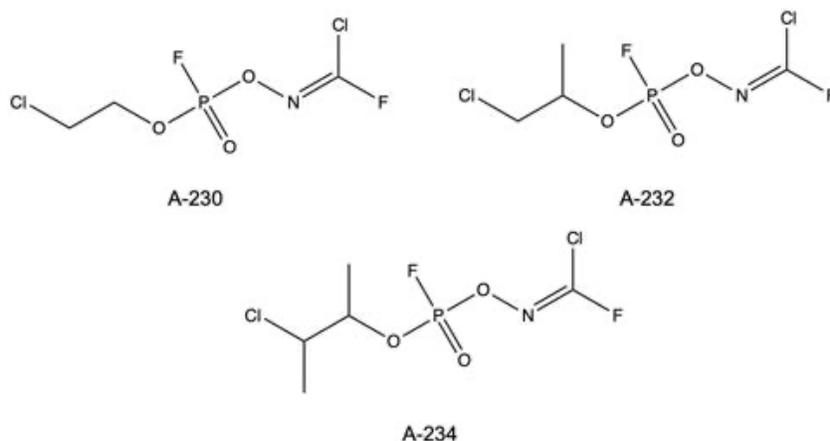
*«Debe tenerse en cuenta que los componentes químicos o los precursores del A-232, o su versión binaria “Novichok-5”, son organofosforados ordinarios que se pueden fabricar en empresas químicas comerciales que fabriquen productos como fertilizantes y pesticidas.»<sup>23</sup> Se puede considerar esta declaración como la primera alerta sobre estas sustancias.*

---

<sup>23</sup> Cfr. Vil S. Mirzayanov, «Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An Insider's View,» in Amy E. Smithson, Dr. Vil S. Mirzayanov, Gen Roland Lajoie, and Michael Krepon, *Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects*, Stimson Report No. 17, Octubre 1995, p. 21. en <https://rebellion.org/la-historia-de-los-novichok/>

## b) Hoenig

Por su parte, Hoenig confirma que las estructuras que han sido empleadas en reiteradas ocasiones<sup>24</sup> El mismo autor afirma: “Por favor tome en cuenta que mucho de esto es una suposición educada y que no podría estar totalmente correcto”<sup>25</sup>



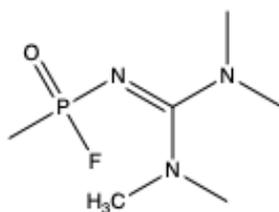
## d) Hossein

La siguiente estructura es la que Hossein afirma es la base de la familia Novichok. Sin embargo, no especifica cual es o que hay que cambiar para obtener los otros agentes A.<sup>26</sup>

<sup>24</sup> Chai, P.R., Haydes, B.D., Erickson, T.B., y Boyer, E.W., Novichok agents: a historical, current, and toxicological. *Roxicology Communications* 2(1):45-48. y Kloske, M. y Witkiewicz, Z., (2019). Novichoks - A group of organophosphorus chemical warfare agents. *Chemosphere* 221: 672-682.

<sup>25</sup> Hoenig, S.L. (2007). *Compendium of Chemical Warfare Agents*. NY, EU: Springer.

<sup>26</sup> Hossein, S.E., Saeidian, H., Amoozadeh, A., Naseri, M.T., y Babri, M. (2016). Fragmentation pathways and structural characterization of organophosphorus compounds related to the Chemical Weapons Convention by electron ionization and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 30: 2585-2593.



Fluoruro O-alkil N-(bis(dimetano)metilideno)-P-metilfosfonamídico

### 5.3 Acciones de la OPAQ tras los atentados con sustancias Novichok

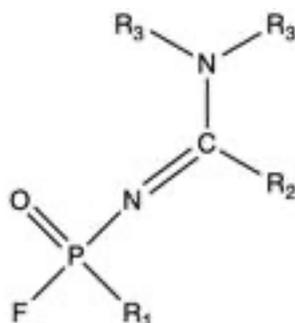
Tras el atentado de Salisbury, el Reino Unido solicitó asistencia técnica a la OPAQ. El equipo de la OPAQ trabajó de manera independiente a la investigación nacional realizada por las autoridades del país. Su labor consistió en recolectar muestras ambientales y biomédicas para enviarlas a cuatro laboratorios designados por la OPAQ. Finalmente, Reino Unido solicitó que los resultados del Secretariado técnico fueran compartidos a todos los Estados Parte pertenecientes a la Convención de Armas Químicas. Posterior al segundo atentado en Reino Unido, el protocolo de acción fue el mismo y el resultado fue que la sustancia en cuestión fue la misma que se empleó en contra de Skripal meses antes.<sup>27</sup>

El 16 de octubre de 2018, Estados Unidos, Canadá y los Países Bajos presentaron “Propuesta conjunta relativa a una modificación técnica de la Lista 1 del Anexo sobre sustancias químicas de la Convención sobre las Armas Químicas”, donde se propone incluir dos familias de agentes neurotóxicos<sup>28</sup>:

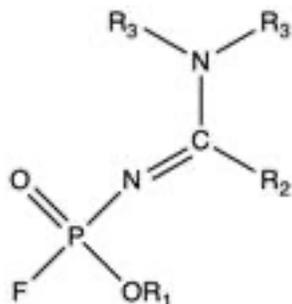
<sup>27</sup> <https://www.opcw.org/media-centre/featured-topics/incident-salisbury>

<sup>28</sup> <http://cbrn.es/?tag=propuesta-rusa>

1. Fluoruros fosforamídicos de P-alquilo (H o  $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) amino)) alquilideno (H o  $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) y sales alquiladas o protonadas correspondientes.



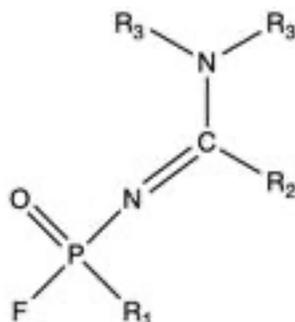
2. Fosforamidofluoridatos de O-alquilo (H o  $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) amino)) alquilideno (H o  $\leq$  C10, incluido el cicloalquilo) y sales alquiladas o protonadas correspondientes (varios millones de sustancias).



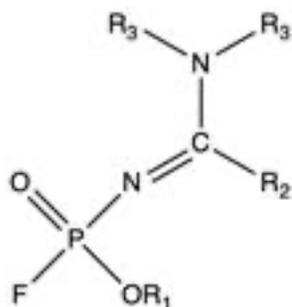
El 30 de noviembre de 2018, la Federación Rusa presentó, por su parte, las “Propuestas para introducir adiciones en las listas de sustancias químicas del Anexo

sobre sustancias químicas de la Convención sobre las Armas Químicas”. Su propuesta incluye cinco familias de agentes neurotóxicos:

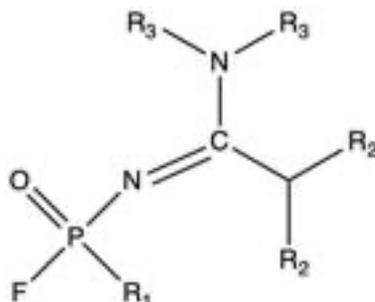
1. Fluoruros de P-alkilo (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) amino)) alkilideno (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) fosforamídicos y sales alkiladas o protonadas correspondientes (varios millones de sustancias).



2. O-alkil (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) amino)) alkiliden (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) fosforamidofluoridatos y sales alkiladas o protonadas correspondientes (varios millones de sustancias).

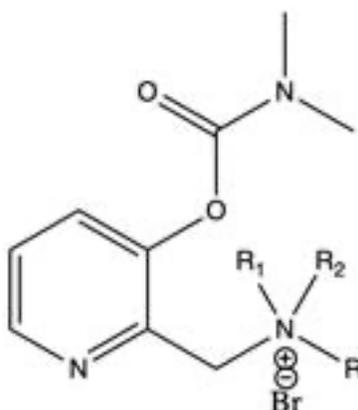


3. P-alkil (H or  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) - (bis ((alkil (H or  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) alkil (H or  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) amino)) metilen) fosfonamidofluoridates y sales alquiladas o protonadas correspondientes (varios millones de sustancias).

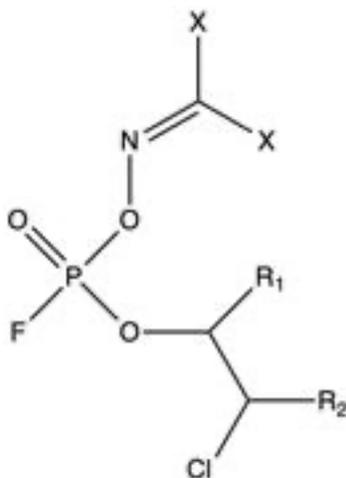


4. Dimetil-carbamoiloxipiridinas cuaternarias (más de 1000 000 sustancias):

- 1- [N, N-dialquil( $C \leq 10$ )-N-(n-(hidroxil, ciano, acetoxi) alkil ( $C \leq 10$ )) amonio]-n-[N-(3-metil-carbamoxi- $\alpha$ -picolinil)- N, N-dialquil( $C \leq 10$ ) amonio]decano dibromuro (n=1-8)
- 1, n-bis[N-(3-dimetilcarbamoxi- $\alpha$ -picolil)- N, N-dialquil( $C \leq 10$ ) amonio]-alcano-(2, (n-1)-diona) dibromuro (n=2-12)

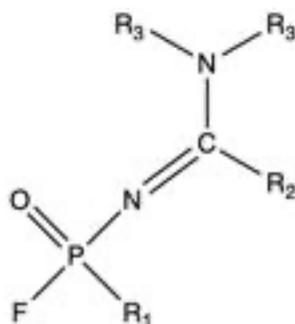


5. O-(1-alkil (H, Me) 2-alkil (H,Me) -2-cloroetil)-(((dihalo(F, Cl)metilen)amino)-oxi)fosforofluoridatos (12 sustancias)

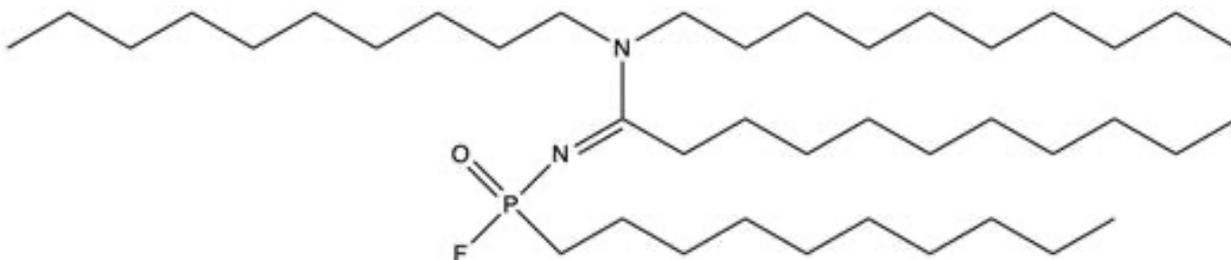


La Propuesta Conjunta consiste, como ya se ha indicado, en dos grandes familias de agentes neurotóxicos y su modificación se presentó de la siguiente manera:

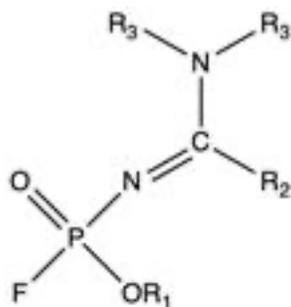
1. Fluoruros de P-alkil (H o  $\leq$  C<sub>10</sub>, incluidos cicloalquilos) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C<sub>10</sub>, incluidos cicloalquilos) amino)) alquiliden (H o  $\leq$  C<sub>10</sub>, incluidos cicloalquilos) fosforamídicos y sales alquiladas o protonadas correspondientes.



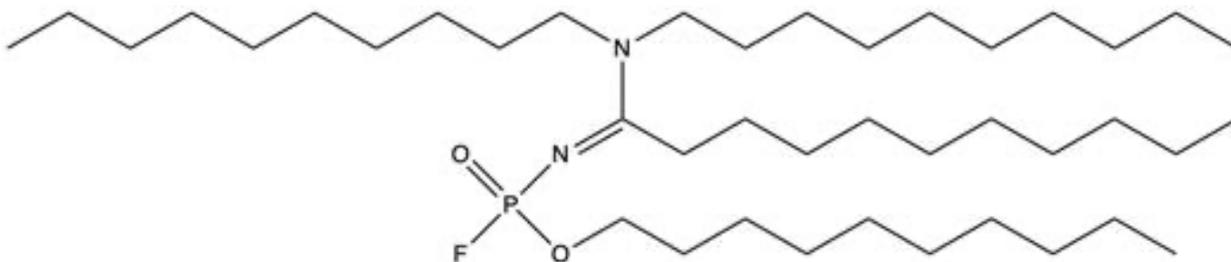
Ejemplo: Fluoruro de *N*-(1-(di-*n*-decilamino)-*n*-deciliden)-*P*-decilfosfonamídico (CAS 2387495-99-8 ).



2. O-alkil (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) N-(1-(dialquil ( $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) amino)) alquiliden (H o  $\leq$  C10, incluidos cicloalquilos) fosforamidofluoridatos y sales alquiladas o protonadas correspondientes.

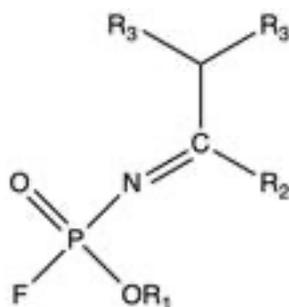


A continuación, un ejemplo: O-*n*-decil N-(1-(di-*n*-decilamino)-*n*-deciliden) fosforamidofluoridato (CAS 2387496-00-4)



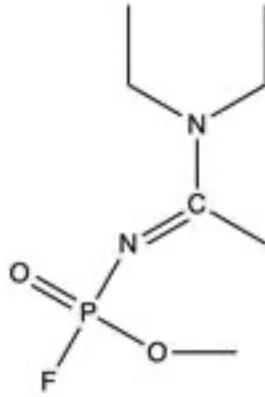
La Propuesta Rusa es ahora, de las cinco familias indicadas en un primer momento se ha eliminado la última, correspondiente a los O-(1-alkil (H, Me)2-alkil (H,Me)-2-cloroetil)-(((dihalo(F, Cl)metileno)amino)-oxi)fosforofluoridatos. Además, con excepción de la familia de los carbamatos las otras tres familias han reducido sustancialmente su tamaño<sup>10</sup>:

1. O-alkil (Me, Et) - (1- (alkil (Me, Et) alkil (Me, Et) amino) etiliden) fosforamidofluoridatos:

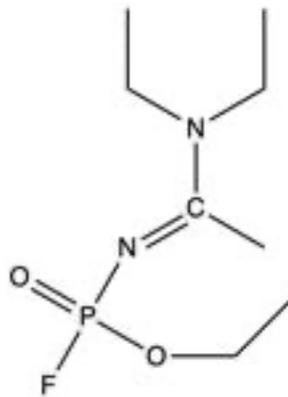


Ejemplos:

Metil-(1-(dietilamino) etiliden) fosforamidofluoridato (CAS 2387496-00-4))

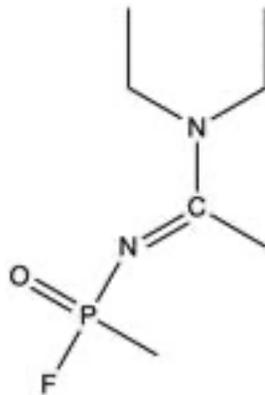


Etil-(1-(dietilamino) etiliden) fosforamidofluoridato (sin número CAS)



NOTA: Esta familia está incluida en la Propuesta Conjunta

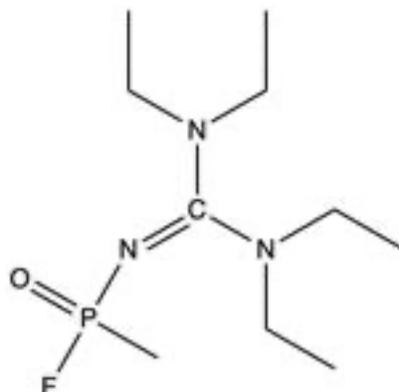
2. Metil-(1-(dietilamino) etiliden) fosfonamidofluoridato



NOTA: Esta sustancia está incluida en la Propuesta Conjunta

3. Metil-(bis(dietilamino) metilen) fosfonamidofluoridato (CAS 2387496-14-0).

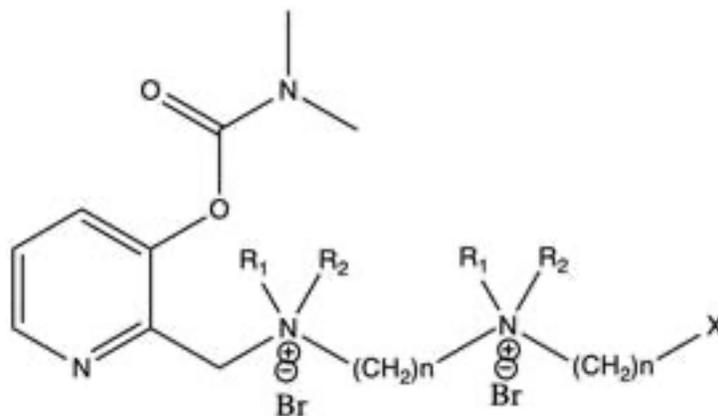
NOTA: Esta sustancia no está recogida en la Propuesta Conjunta, y corresponde con el agente A-242 descrito por Mirzayanov.



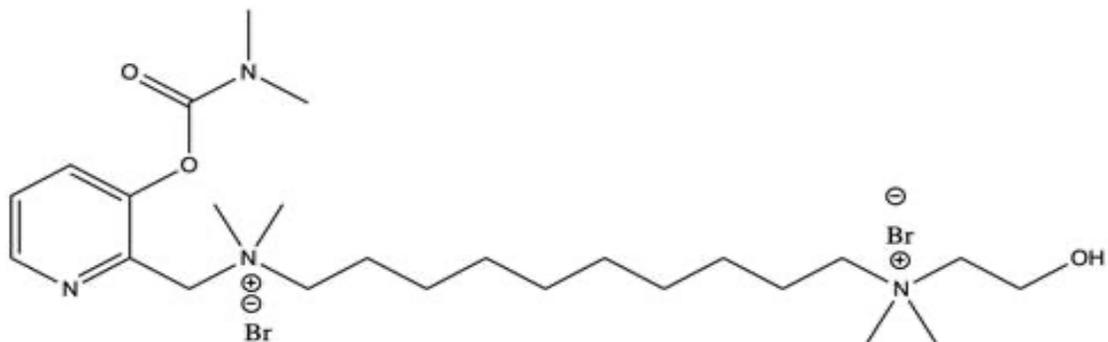
4. Carbamatos (cuaternarios y bicuaternarios de dimetilcarbamoiloxipiridinas)

4.1 Cuaternarios de dimetilcarbamoiloxipiridinas:

Dibromuro de 1- [N, N-dialquil ( $C \leq 10$ ) -N-(n-(hidroxil, ciano, acetoxi) alquil ( $C \leq 10$ )) amonio]-n-[N-(3-dimetil-carbamoxi- $\alpha$ -picolinil) -N, N-dialquil ( $C \leq 10$ ) amonio]decano (n=1-8)

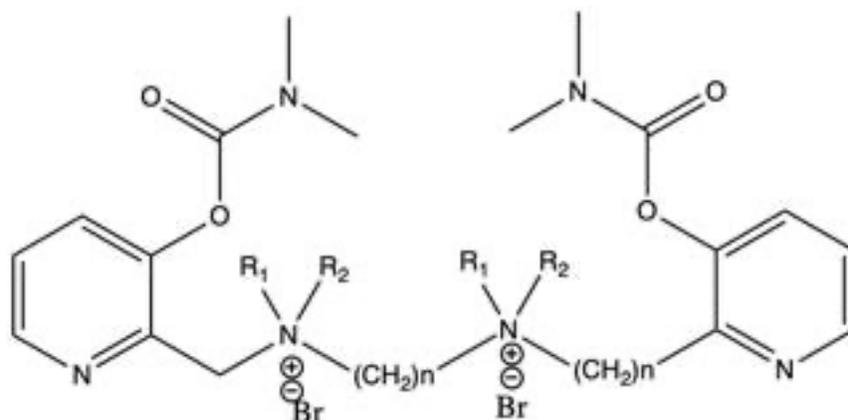


Ejemplo: Dibromuro de 1- [N, N-dimetil-N-(2-hidroxi) etilamonio]-10- [N-(3-dimetil carbamoxi- $\alpha$ -picolinil)-N, N-dimetilamonio]decano (CAS 77104-62-2)<sup>12</sup>.

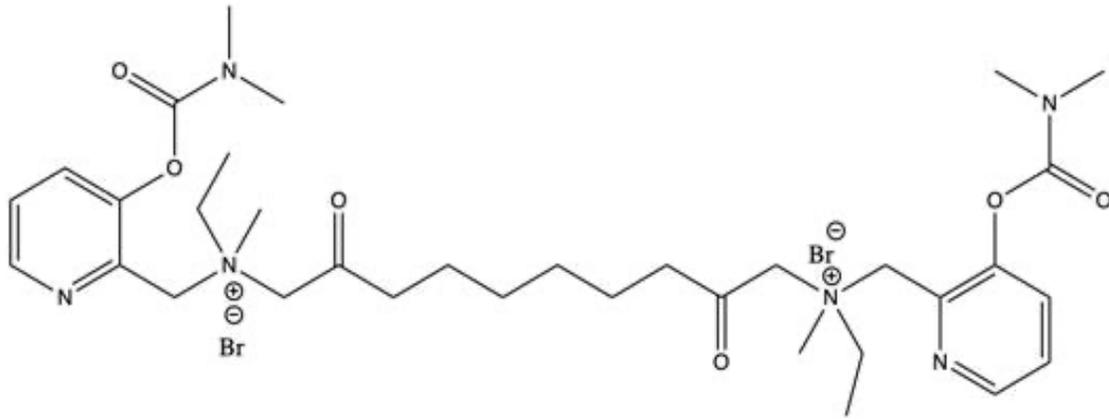


#### 4.2 Bicuaternarios de dimetilcarbamoiloxipiridinas:

Dibromuro de 1, n-bis[N-(3-dimetilcarbamoxi- $\alpha$ -picolil)-N, N-dialquil((C $\leq$ 10) amonio)- alcano-(2, (n-1)-diona) (n=2-12)



Ejemplo: Dibromuro de 1,10-bis[N-(3-dimetilcarbamoxi- $\alpha$ -picolil)-N-etil-N-metilamonio]- decano-2,9-diona (CAS 77104-00-8)<sup>12</sup>.



Durante las Conferencias Anuales de los Estados Parte en el 2018 y 2019, la OPAQ ha sometido a votación la inclusión de sustancias a la Lista 1, entre ellos el agente nervioso Novichok. Según el Informe de la Sexagésima Segunda Reunión del Consejo Ejecutivo y a pesar de que aún no aparecen oficialmente en los listados, ambas propuestas han sido aprobadas por la Asamblea General.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Report of The Sixty-Second Meeting of The Executive Council,  
<https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/2019/01/ecm6202%28e%29.pdf>

## VI. CONCLUSIONES

Como se menciona al inicio de este trabajo, la interacción que se da entre la investigación, la ciencia y la tecnología genera el uso dual de sustancias químicas en el terreno bélico y armamentístico. En ese sentido es importante señalar la responsabilidad ética que recae en la comunidad científica al momento de realizar nuevas investigaciones o innovaciones en este terreno.

La creación de la Convención de Armas Químicas ha sido un gran avance en la búsqueda para poder regular el uso de aquellas sustancias que pueden ser usadas como potenciales armas. Los casos mencionados anteriormente, principalmente el de Salisbury, son un foco rojo que debe ser atendido y cuestionado, a pesar de las acciones tomadas por la Convención tras los atentados con las sustancias Novichok, es evidente que sigue poniendo en peligro abierto a cualquier tipo de población o individuo. Si bien la OPAQ se ha preocupado por controlar el uso dual de las armas químicas, considero que la labor de investigación y posible ampliación de los Listados debe ser reforzada.

El recorrido que se hizo con respecto a la evolución y desarrollo de las armas químicas en el siglo XX, y que en este trabajo se centró en las sustancias Novichok, revelan la importancia de incluir esta familia de sustancias en los Listados Anexos a la CAQ, específicamente en la Lista 1 debido a que no tienen ningún uso comercial o pacífico.

Finalmente me parece importante reconocer la labor de la Organización para la Prohibición de Armas Químicas, pues a pesar de que aún hay naciones que no se han integrado a la Convención, ya existen acciones para concientizar a las naciones y sobre todo para proteger a la población mundial.

A partir de junio del 2020, el Listado 1 fue modificado con la adición de varios de los compuestos de la familia Novichock.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- *A Visual Guide to Science and Technology Relevant to the Chemical Weapons Convention*, OPCW.
- Chai, P.R., Haydes, B.D., Erickson, T.B., y Boyer, E.W., “Novichok agents: a historical, current, and toxicological. *Toxicology Communications*” 2(1):45-48.
- *Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y sobre su destrucción*, Organización para la prohibición de las Armas Químicas (OPAQ), 2005.
- Díaz Gutierrez, Alejandra 2010, *El papel de la Convención de Armas Químicas en la creación de un ambiente de seguridad y estabilidad internacional frente al terrorismo químico*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México.
- Kloske, M. y Witkiewicz, Z, (2019). Novichoks - A group of organophosphorus chemical warfare agents. *Chemosphere* 221: 672-682.
- Medina García, Francisco Javier, 2019, *Novichok, familia de agentes nerviosos*, Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México.
- Mirzayanov, Vil S., «*Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An Insider's View*, » in Amy E. Smithson, Dr. Vil S. Mirzayanov, Gen Roland Lajoie, and Michael Krepon, *Chemical Weapons Disarmament in Russia: Problems and Prospects*, Stimson Report No. 17, Octubre 1995, p. 21. en <https://rebellion.org/la-historia-de-los-novichok/>
- Nepovimova, Eugenie, Kamil Kuca, *Chemical warfare agent NOVICHOK - mini-review of available data*, *Food and chemical Toxicology* 121: 343-350.

- Organización para la prohibición de las armas químicas, “¿Qué es un arma química?” (OPAQ), p. 3. Recurso en línea: <https://www.refworld.org.es/pdfid/5ad4ee3d4.pdf>
- Pitschman, Vladimir, (2014), “Overall View of Chemical and Biochemical Weapons, Research gates (Toxins), 6, 1762-1784.
- *Programa de Asistencia en la implementación de la Convención sobre las Armas Químicas*, Sección, <https://studylib.es/doc/5515995/sustancias-qu%C3%ADmicas> (PDF).
- *Report Of The Sixty-Second Meeting Of The Executive Council*, <https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/2019/01/ecm6202%28e%29.pdf>
- Tucker, Jonathan B., “Review of the Literature on Dual use”, en *Innovation, Dual Use, and Security*, Richard Danzig, edited by Jonathan B. Tucker, MIT, 2012.
- Sharkov, Damien, 2018, “Novichok Chemical Weapon Developer Says Half a Cup Would Have Killed Skripal and Entire Town”, <https://www.newsweek.com/novichok-weapon-developer-says-half-cup-would-have-killed-skripal-and-entire-910343>
- Tucker, Jonathan B., *Viewpoint: Converting Former Soviet Chemical Weapons Plants*. <https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/npr/tucker41.pdf>