

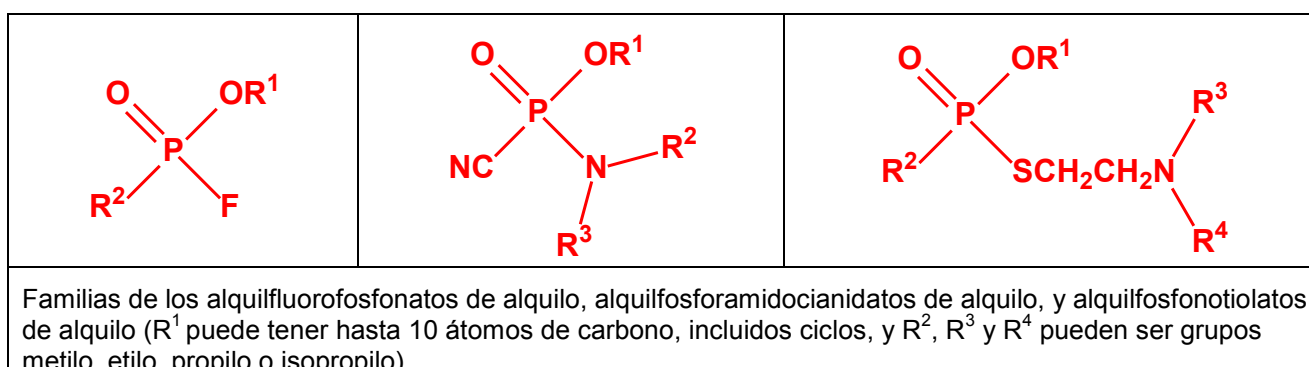
## El anexo sobre sustancias químicas de la CAQ está de moda

Sí, parece increíble, pero el anexo sobre sustancias químicas, está de moda. A las recientes propuestas para su modificación llevadas a cabo por Canadá, Estados Unidos de América y Países Bajos, por un lado<sup>1</sup>, y por la Federación Rusa por otro<sup>2</sup>, podemos añadir el documento de la OPAQ, "The Science for Diplomats Annex on Chemicals", de fecha 12 de febrero de 2019<sup>3</sup>.

Recordemos que la Convención para la Prohibición de las Armas Químicas (CAQ) enumera en tres Listas las sustancias químicas tóxicas y sus precursores respecto de los que se prevé la aplicación de medidas de verificación con arreglo a lo previsto en las disposiciones del Anexo sobre verificación<sup>4</sup>.

En estas Listas se hace referencia a sustancias químicas individuales (con su propio número CAS), y a familias de sustancias químicas que contienen diversos grupos alquilo (que se indican entre paréntesis). Dentro de estas familias se entienden incluidas todas las sustancias químicas posibles que puedan obtenerse mediante todas las combinaciones posibles de los grupos alquílicos indicados entre paréntesis, en tanto no estén expresamente excluidas<sup>4</sup>.

Tenemos por un lado grupos alquilo que pueden tener hasta 10 átomos de carbono, incluidos ciclos ( $R^1 \leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo) y tenemos por otro lado grupos alquilo con no más de tres átomos de carbono ( $R^2, R^3, R^4 =$  metilo, etilo, propilo e isopropilo)<sup>4</sup>.



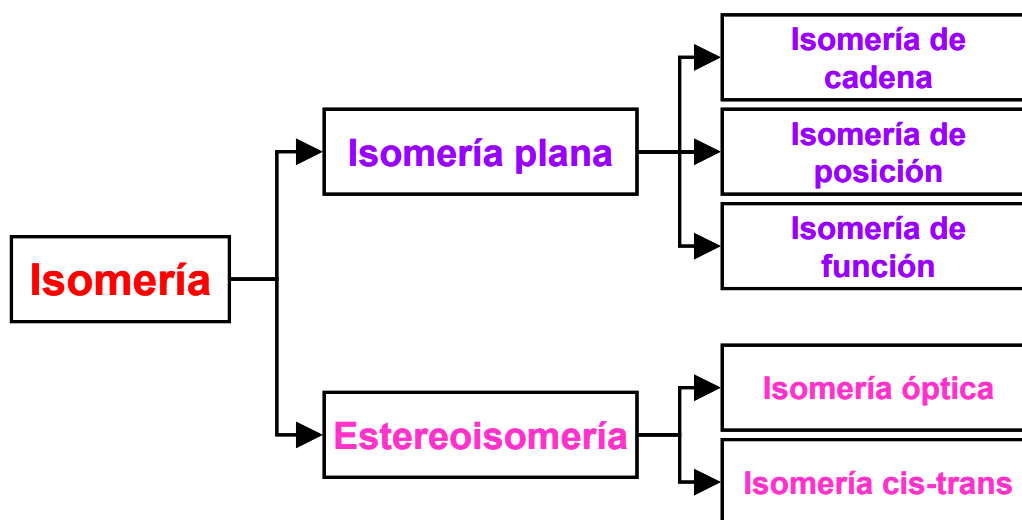
Recordemos que, a nivel atómico muchos elementos químicos presentan isótopos naturales, y a nivel molecular, muchas moléculas presentan isómeros.

### Isómeros<sup>5</sup>

Comencemos por los isómeros, que son de gran importancia para entender las familias de las Listas de la CAQ. Son isómeros aquellas sustancias químicas que teniendo la misma fórmula empírica o molecular, tienen distinta ordenación espacial de sus átomos (enlaces), y presentan por ello propiedades físicas y/o químicas diferentes<sup>5</sup>.

Generalmente la palabra isómero se emplea para designar aquellas sustancias químicas que están relacionadas entre sí:

- por ser isómeros estructurales o de constitución, esto es, por tener distinta ordenación o naturaleza en sus enlaces, o
- por ser isómeros de configuración o **estereoisómeros**, los cuales presentan distinta disposición tridimensional de los átomos.



Distintos tipos de isomería

### Isomería plana<sup>5</sup>

Los grupos alquilo a los que se refieren las Listas de la CAQ son sustituyentes, formados por la separación de un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado (alcano o cicloalcano) de modo que éste pueda unirse a otro átomo o grupo de átomos.

Los alcanos son compuestos formados por carbono e hidrógeno que sólo contienen enlaces simples carbono – carbono. Cumplen la fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , donde n es el número de carbonos de la molécula.

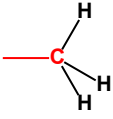
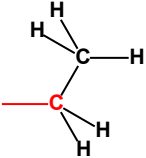
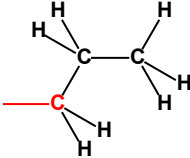
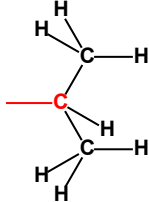
Los alcanos son hidrocarburos, es decir, compuestos que solo contienen átomos de carbono e hidrógeno. La fórmula general para alcanos alifáticos (de cadena lineal o de cadena ramificada) es  $C_nH_{2n+2}$  y para cicloalcanos es  $C_nH_{2n}$ . También reciben el nombre de hidrocarburos saturados, ya que carecen de enlaces dobles o triples y, por tanto, todos sus átomos de carbono presentan hibridación  $sp^3$  (cuatro enlaces con distribución espacial tetraédrica) y carecen de grupos funcionales.

Los alcanos alifáticos, de fórmula empírica  $C_nH_{2n+2}$ , pueden ser de cadena lineal o de cadena ramificada, y los alcanos cíclicos o cicloalcanos, de fórmula empírica  $C_nH_{2n}$  pueden tener o no, una o más cadenas alquílicas de diferentes longitudes, en distintas posiciones.

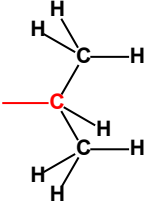
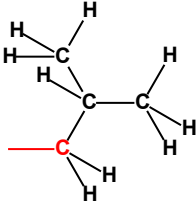
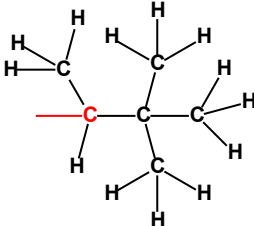
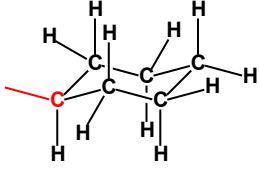
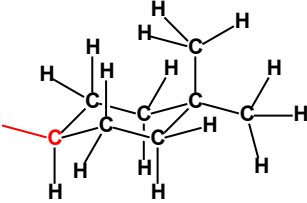
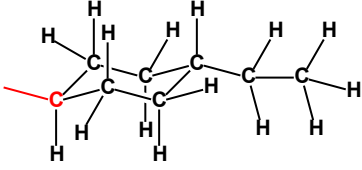
Los alcanos se nombran atendiendo a la estructura del compuesto. Si la cadena es lineal, sin ramificaciones, para nombrarlos se utiliza un prefijo indicativo del número de átomos de carbono seguido de la terminación "ano". Si se trata de alcanos ramificados, es necesario determinar cuál es la cadena principal y nombrar cada ramificación, de manera similar a como se hace con los alcanos lineales, sustituyendo la terminación "ano" por la terminación "ilo" ("il").

Nº átomos de carbono	Prefijo	Nombre del alcano	Nombre del grupo alquilo
1	Met	Metano	Metilo (metil)
2	Et	Etano	Etilo (etil)
3	Prop	Propano	Propilo (propil)
4	But	Butano	Butilo (butil)
5	Pent	Pentano	Pentilo (pentil)
6	Hex	Hexano	Hexilo (hexil)
7	Hep	Heptano	Heptilo (heptil)

Recordemos que en las Listas de la CAQ los grupos  $R^2$ ,  $R^3$ , y  $R^4$  pueden ser grupos metilo, etilo, propilo e isopropilo, esto es:

			
metilo	etilo	propilo	isopropilo (1-metiletilo)

Y que por otro lado tenemos que  $R^1$  es un grupo alquilo o cicloalquilo, que puede poseer hasta 10 átomos de carbono, por ejemplo:

		
isopropilo (1-metiletilo)	isobutilo (2-metilpropilo)	pinacolilo (1,2,2-trimetilpropilo)
		
ciclohexilo	4,4-dimetilhexilo	4-etilhexilo

### Estereoisomería<sup>5,6,7</sup>

Los estereoisómeros se definen como isómeros que tienen la misma secuencia de átomos enlazados, pero con distinta orientación espacial. Se dividen en dos grandes grupos:

- Los que se originan por la distinta orientación espacial de átomos o grupo de átomos alrededor de un enlace doble y que se denominan isómeros geométricos.
- Los que se originan por la distinta orientación espacial de átomos o grupos de átomos alrededor de un centro asimétrico (generalmente un átomo de carbono tetraédrico con hibridación  $sp^3$ , pero también un átomo de fósforo pentavalente). Estos estereoisómeros pueden ser a su vez:
  - Enantiómeros que se relacionan entre sí por ser imágenes especulares no superponibles.
  - Diastereoisómeros o diasterómeros, isómeros configuracionales que no son imagen especular uno del otro.

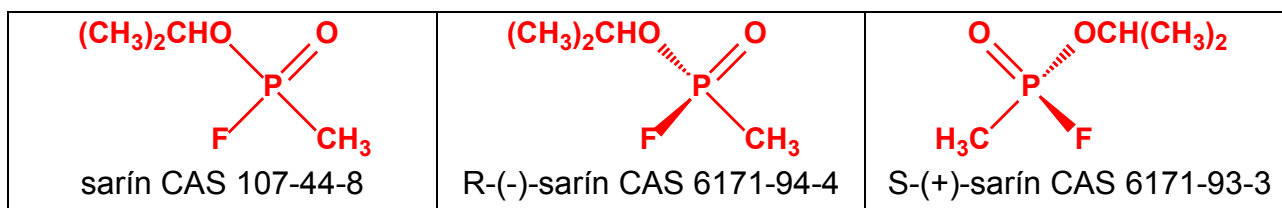
Los enantiómeros tienen entre sí las mismas propiedades físicas, excepto que desvían el plano de luz polarizada en sentidos opuestos. Los enantiómeros de una sustancia química interactúan con los enantiómeros de otras sustancias químicas de diferente manera, consecuencia de su diferente quiralidad, y en consecuencia suelen mostrar diferentes comportamientos y efectos biológicos.

Los diastereoisómeros son estereoisómeros pero no son enantiómeros, es decir no son entre sí imágenes especulares. Los diastereoisómeros muestran diferencias en sus propiedades físicas y algunas diferencias en el comportamiento químico, aunque sus propiedades químicas y biológicas pueden ser similares.

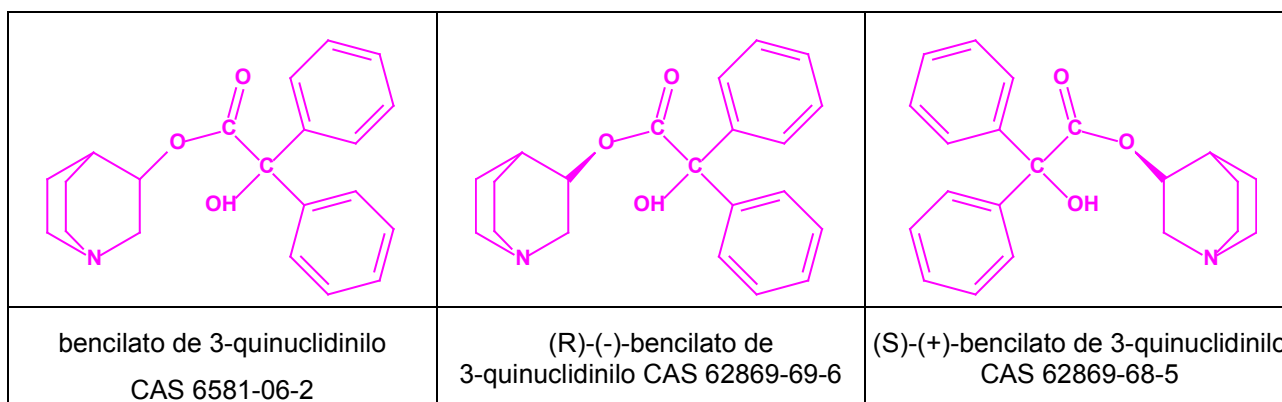
Algunas sustancias químicas recogidas por las Listas muestran enantiómeros (por ejemplo el sarín) y otras también presentan diastereoisómeros (por ejemplo, el somán). La toxicidad de los enantiómeros y diastereoisómeros suele ser diferente, y por lo general los que desvían el plano de la luz polarizada hacia la izquierda, prefijo (-) o levógiros, presentan una mayor toxicidad. La mezcla racémica, una proporción molar 1:1 de cada enantiómero, se denota con el prefijo ( $\pm$ ), y tiene una actividad biológica que es la contribución de la suma de los dos enantiómeros.

Las rutas normales de síntesis de los agentes químicos no suelen ser estereoselectivas y producen una mezcla racémica de estereoisómeros.

El sarín está recogido como ya hemos indicado en la Lista 1A.1, con el número CAS 107-44-8 y se entiende corresponde a una mezcla racémica. Sin embargo los dos enantiómeros del sarín no aparecen recogidos en la Lista 1A.1, y sin embargo cada uno de ellos tiene su propio número CAS:



El BZ, recogido en la Lista 2A.3 con el número CAS 6581-06-2 es otro ejemplo de quiralidad. El BZ (bencilato de 3-quinuclidinilo) tiene un centro quiral y por ello tiene un enantiómero (R)-(-)-bencilato de 3-quinuclidinilo, número CAS 62869-69-6, y un enantiómero (S)-(+)- bencilato de 3-quinuclidinilo, número CAS 62869-68-5. Aunque los efectos incapacitantes del enantiómero (R)-(-) son del orden de 20 veces mayores que los del enantiómero (S)-(+), ambos producen efectos incapacitantes, y dado que los procedimientos normales de síntesis producen una mezcla de ambos enantiómeros, tanto los enantiómeros individuales, como la mezcla están recogidos de manera implícita en la Lista 2A.3:



Es decir, tanto las sustancias químicas listadas, como cualquiera de sus estereoisómeros están incluidos de manera implícita en las Listas, y son por ello idénticos a efectos de declaración.

## Isótopos<sup>6,7</sup>

La identidad de un átomo y sus propiedades vienen dadas por el número de partículas que contiene. Lo que distingue a unos elementos químicos de otros es el número de protones en el núcleo que tienen sus átomos. Este número se llama "número atómico" y se representa con la letra Z. Se coloca como subíndice a la izquierda del símbolo del elemento correspondiente. Por ejemplo, todos los átomos del elemento hidrógeno tienen 1 protón y su  $Z = 1$ , los de helio tienen 2 protones y  $Z = 2$ , los de litio, 3 protones y  $Z = 3$ ,...etc.

Si el átomo es neutro, su número de electrones coincide con su número de protones.

El "número másico" nos indica el número total de partículas que hay en el núcleo, es decir, la suma de protones y neutrones. Se representa con la letra A y se sitúa como superíndice a la izquierda del símbolo del elemento. Representa la masa del átomo medida en una, ya que la de los electrones es tan pequeña que puede despreciarse.

Los isótopos son átomos del mismo elemento químico, con el mismo número de protones en el núcleo (mismo número atómico) pero diferente número de neutrones en el núcleo (diferentes masas atómicas). Isótopos del mismo elemento difieren en algunas de sus propiedades físicas, por ejemplo, en su masa, pero químicamente son prácticamente idénticos. Por tanto pueden utilizarse como trazadores en las investigaciones químicas y biológicas de una determinada sustancia química. En relación con la Convención, el etiquetado isotópico se utiliza para el desarrollo de métodos analíticos y para investigar los mecanismos de acción de sustancias químicas listadas en los procesos naturales.

La sustitución isotópica supone un cambio insignificante en la estructura de una molécula y dado que prácticamente no existen diferencias en el comportamiento químico entre una sustancia química listada y las sustancias químicas listadas marcadas isotópicamente todas ellas presentan los mismos peligros y por tanto todas ellas deben estar incluidas en las Listas.

Las sustancias químicas incluidas en las Listas corresponden a estructuras químicas que contienen isótopos naturales y los números CAS asignados a estos agentes químicos asumen que contienen los isótopos naturales. La siguiente tabla muestra algunos de los elementos químicos de mayor interés en lo referente a las armas químicas, con sus pesos atómicos, y la masa y abundancia de sus isótopos naturales.

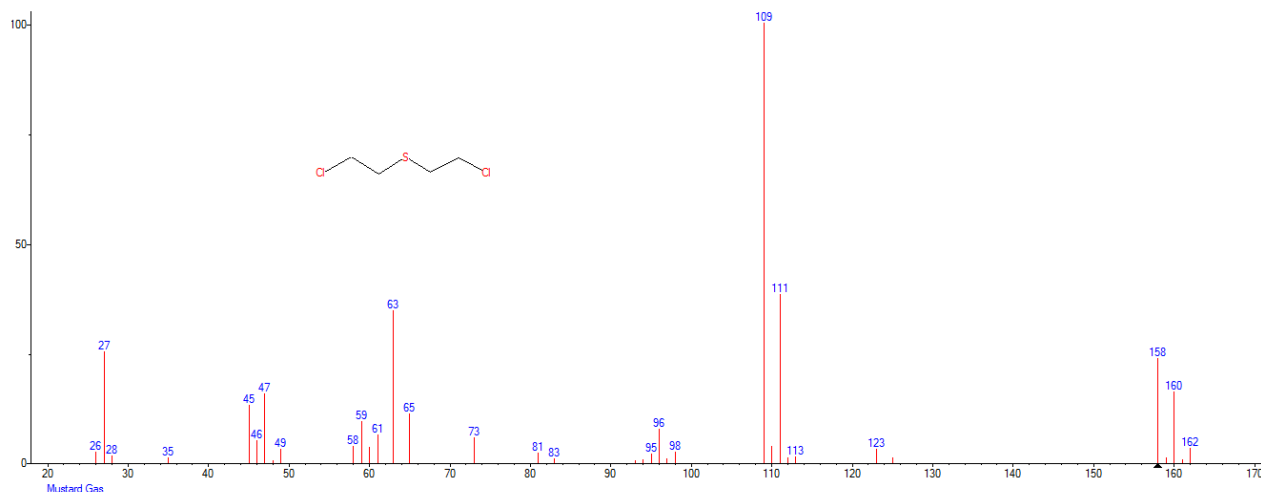
Elemento	Peso atómico	Isótopo	masa	Abundancia natural (%)
Hidrógeno	1,008	<sup>1</sup> H	1,007825	99,9885
		<sup>2</sup> H	2,014102	0,0115
Carbono	12,011	<sup>12</sup> C	12,000000	98,93
		<sup>13</sup> C	13,003355	1,07
Nitrógeno	14,007	<sup>14</sup> N	14,003074	99,636
		<sup>15</sup> N	15,000109	0,364
Flúor	18,998	<sup>19</sup> F	18,998403	100,00
Oxígeno	15,999	<sup>16</sup> O	15,994915	99,757
		<sup>17</sup> O	16,999132	0,038
		<sup>18</sup> O	17,999161	0,205
Fósforo	30,974	<sup>31</sup> P	30,973762	100,00
Azufre	32,065	<sup>32</sup> S	31,972071	94,99
		<sup>33</sup> S	32,971459	0,75
		<sup>34</sup> S	33,967867	4,25
		<sup>36</sup> S	35,967081	0,01
Cloro	35,453	<sup>35</sup> Cl	34,968853	75,76
		<sup>37</sup> Cl	36,965903	24,24
Arsénico	74,922	<sup>75</sup> As	74,921597	100,00

Bromo	79,904	<sup>79</sup> Br	78,918337	50,69
		<sup>81</sup> Br	80,916291	49,31

Los pesos atómicos se han calculado con las abundancias y masas de los isótopos recogidas en *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th edition*.

Cada sustancia química listada, con su correspondiente número CAS, consiste en una mezcla de moléculas con diferentes isótopos en diferentes proporciones, fruto de esa abundancia isotópica natural.

Por ejemplo, la iperita, sulfuro de bis (2-cloroetilo), C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>2</sub>S, está recogida en la Lista 1A.4 con el número CAS 505-60-2 y tiene un peso molecular de 159,077.



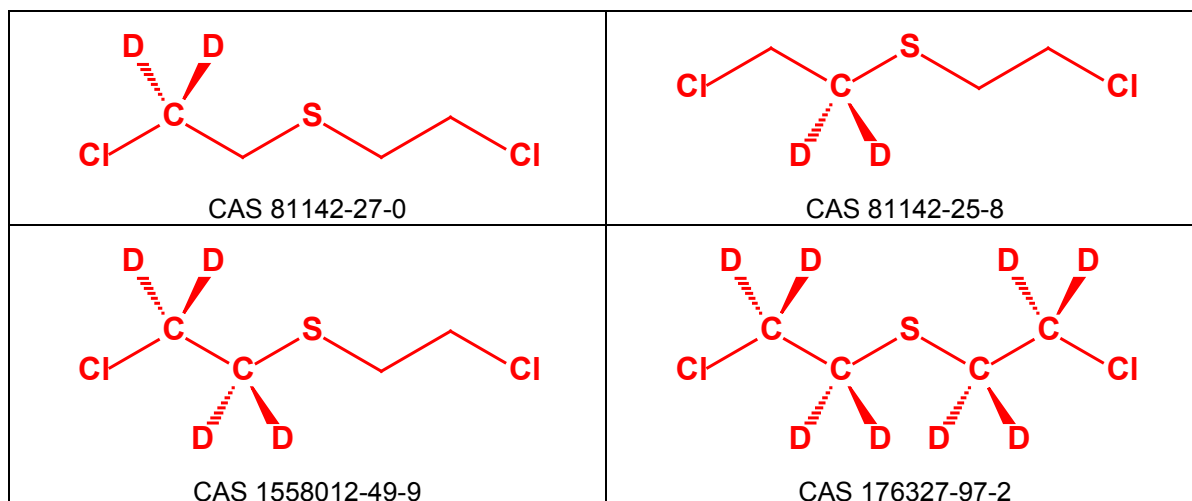
Espectro de masas de la iperita CAS 505-60-2

Los picos que aparecen a m/e=158, m/e=160 y m/e=162 con esa relación de intensidad se deben fundamentalmente a los isótopos del cloro. En este grupo el pico más intenso con m/e=158 se debe al <sup>12</sup>C<sub>4</sub><sup>1</sup>H<sub>8</sub><sup>35</sup>Cl<sub>2</sub><sup>32</sup>S.

Si sólo considerásemos los isótopos de azufre, sin tener en cuenta los isótopos de los demás elementos, teniendo en cuenta las abundancias anteriormente indicadas para él, habría aproximadamente un 94,99 % de moléculas con <sup>32</sup>S, un 0,75 % de moléculas con <sup>33</sup>S, un 4,25 % de moléculas con <sup>34</sup>S y un 0,01 % de moléculas con <sup>36</sup>S.

Algunas estructuras de la iperita marcadas isotópicamente ya tienen asignado número CAS individualizado:

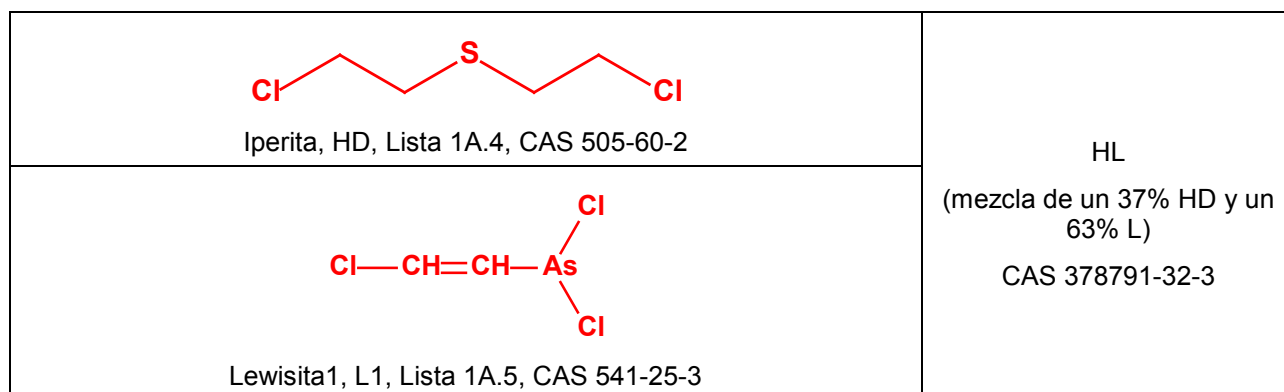
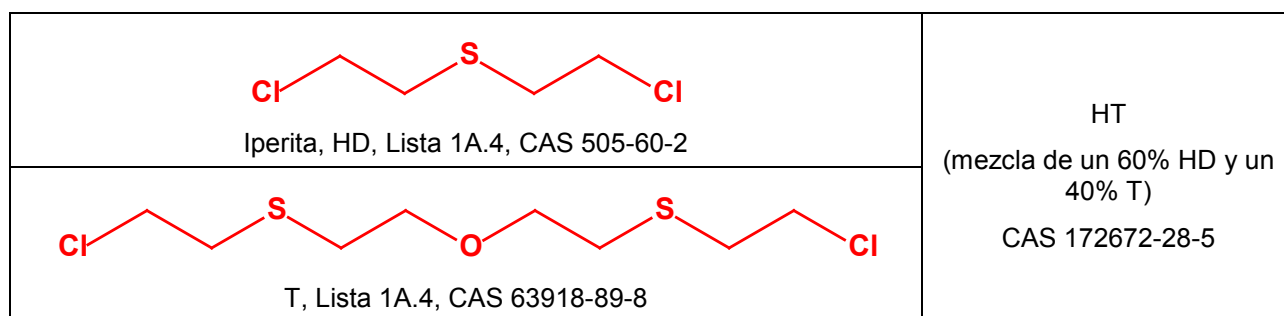
- Por ejemplo, la iperita marcada con <sup>35</sup>S, un isótopo radiactivo del azufre, con un período de semidesintegración de 87,37 días, que se utiliza para el marcado isotópico, entre otros, de proteínas y ácido nucleicos, tiene el número CAS 6755-76-6.
- La iperita marcada con deuterio, <sup>2</sup>H, cuyo símbolo químico es D, también tiene diferentes números CAS, en función del número y lugar que ocupan los isótopos de deuterio en su molécula:



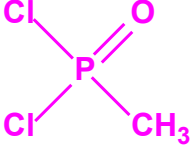
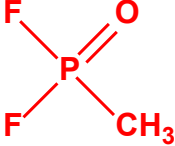
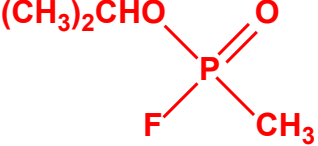
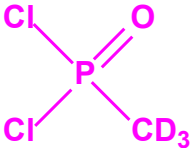
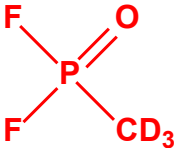
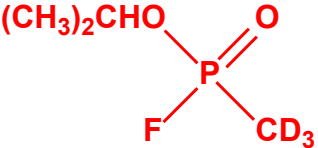
Si sólo las sustancias químicas cuyos números CAS estuviesen recogidos en las Listas, se daría la paradoja de que la iverita con número CAS 505-60-2, mezcla de moléculas con diferentes isótopos naturales estaría recogida en la Lista 1A.4, mientras que otras moléculas de iverita marcadas isotópicamente no lo estarían, máxime cuando las propiedades químicas y toxicológicas de los isótopos son prácticamente idénticas.

Así pues el número CAS no puede ser el único indicador a utilizar para ver si una sustancia química está o no incluida en las Listas.

Sucede además que algunas mezclas de agentes químicos de guerra con ciertas propiedades especiales tienen asignado su propio número CAS, que como pueden suponer no está incluido en las Listas. Este es otro punto a tener en cuenta a la hora de ver si un número CAS o un producto químico está o no incluido en las Listas.



El tema de los isótopos afecta no sólo a los agentes químicos incluidos en las Listas, sino también a los precursores incluidos en éstas. Sirva de ejemplo el sarín, agente químico de guerra recogido en la Lista 1A.1, con el número CAS 107-44-8. Sus principales precursores son el difluoruro de metilfosfonilo, DF, con número CAS 676-99-3 y el dicloruro de metilfosfonilo, DC, con número CAS 756-79-6, ambos casualmente reflejados como tales con sus números CAS en sus correspondientes Listas. Sin embargo ni el sarín deuterado, ni el DF deuterado, ni el DC deuterado aparecen reflejados explícitamente en las Listas, y sus propiedades químicas y toxicológicas son como ya hemos indicado prácticamente idénticas a las de las sustancias no deuteradas:

 <p>Lista 2B.4, CAS 676-97-1</p>	 <p>Lista 1B.9, CAS 676-99-3</p>	 <p>Lista 1A.1, CAS 107-44-8</p>
 <p>CAS 104801-17-4</p>	 <p>CAS 104801-20-9</p>	 <p>CAS 104801-08-3</p>

Tanto las sustancias químicas listadas, como cualquiera de sus variantes marcadas isotópicamente están incluidas de manera explícita o implícita en las Listas, y son por ello idénticas a efectos de declaración de las mismas<sup>7</sup>.

## Referencias

1. "Se les ve el plumero", J. Domingo, <http://cbrn.es/?p=1403>
2. "Feliz Novichok y Próspero Año Nuevo 2019", J. Domingo, <http://cbrn.es/?p=1450>
3. "The Science for Diplomats Annex on Chemicals", OPAQ, 12 de febrero de 2019, [https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/2019/02/Science\\_For\\_Diplomats\\_Annex\\_on\\_Chemicals%20Feb2019\\_0.pdf](https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/2019/02/Science_For_Diplomats_Annex_on_Chemicals%20Feb2019_0.pdf)
4. "Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción, el Almacenamiento y el Empleo de Armas Químicas y sobre su Destrucción (CAQ)", disponible en [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC\\_es.pdf](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_es.pdf) y en [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC\\_es.doc](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_es.doc)
5. "Imágenes especulares no superponibles", J. Domingo, <http://cbrn.es/?p=322>
6. "Isótopos e isómeros, guerra química", J. Domingo, <http://cbrn.es/?p=557>
7. "Response to the Director-General's Request to the Scientific Advisory Board to Provide Further Advice on Scheduled Chemicals", OPCW, [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/SAB/en/sab-23-wp01\\_e\\_.pdf](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/SAB/en/sab-23-wp01_e_.pdf)



# A. Directrices para las listas de sustancias químicas

## Directrices para la Lista 1

1. Al examinar si se debe incluir en la Lista 1 una sustancia química tóxica o un precursor, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:
  - 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.

## Directrices para la Lista 2

2. Al examinar si se debe incluir en la Lista 2 una sustancia química tóxica no enumerada en la Lista 1 o un precursor de una sustancia química de la Lista 1 o de una sustancia química de la parte A de la Lista 2, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:
  - 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.

## Directrices para la Lista 3

3. Al examinar si se debe incluir en la Lista 3 una sustancia química tóxica o un precursor que no esté enumerado en otras Listas, se tendrán 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.

## B. Listas de sustancias químicas

En las Listas siguientes se enumeran las sustancias químicas tóxicas y sus precursores. A los fines de aplicación de la presente Convención, se identifican en esas Listas las sustancias químicas respecto de las que se prevé la aplicación de medidas de verificación con arreglo a lo previsto en las disposiciones del Anexo sobre verificación. **De conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del artículo II, estas Listas no constituyen una definición de armas químicas.**

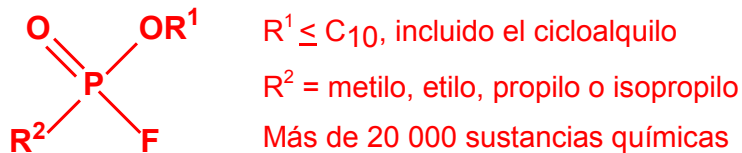
(Siempre que se hace referencia a grupos de sustancias químicas dialquiladas, seguidos de una lista de grupos alquílicos entre paréntesis, se entienden incluidas en la respectiva Lista todas las sustancias químicas posibles por todas las combinaciones posibles de los grupos alquílicos indicados entre paréntesis, en tanto no estén expresamente excluidas. Las sustancias químicas marcadas con un "\*" en la parte A de la Lista 2, están sometidas a umbrales especiales para la declaración y la verificación, tal como se dispone en la Parte VII del Anexo sobre verificación.)

Cada Lista incluye dos sub-apartados A (Agentes químicos) y B (Precursores), y cada elemento de las Listas viene definido mediante una fórmula general para una familia química, o mediante la fórmula de un compuesto químico específico. Se incluye algún ejemplo para cada una de las familias definidas mediante una fórmula general, y las excepciones cuando las hay, así como los números CAS.

# Lista 1

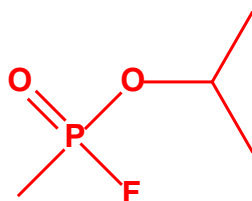
## A. Sustancias químicas tóxicas:

1A.1 Alquil (metil, etil, propil o isopropil) fosfonofluoridatos de O-alquilo ( $\leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo)

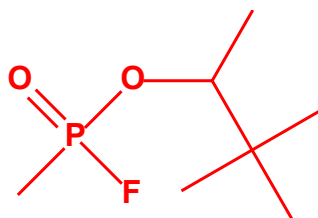


Ejemplos:

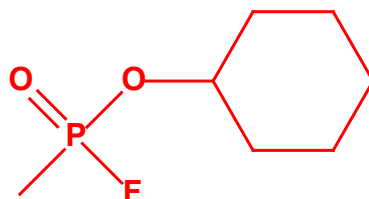
GB, sarín: Metilfosfonofluoridato de O-isopropilo (107-44-8)



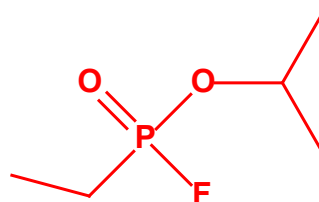
GD, somán: Metilfosfonofluoridato de O-pinacolilo (96-64-0)



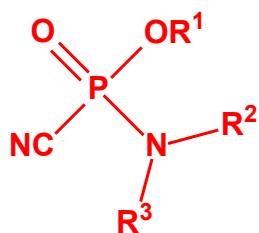
GF, ciclosarín: Metilfosfonofluoridato de O-ciclohexilo (329-99-7)



GE, etilsarín: Etilfosfonofluoridato de O-isopropilo (1189-87-3)



**1A.2** N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) fosforamidocianidatos de O-alquilo ( $\leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo)



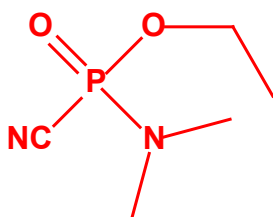
$R^1 \leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo

$R^2, R^3 =$  metilo, etilo, propilo o isopropilo

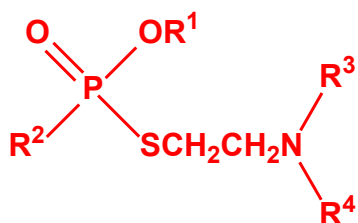
Más de 50 000 sustancias químicas

**Ejemplos:**

GA, tabún: N,N-dimetilfosforamidocianidato de O-etilo (77-81-6)



**1A.3** S-2-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) aminoetil alquil (metil, etil, propil o isopropil) fosfonotiolatos de O-alquilo ( $H \text{ ó } \leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo) y sales alquiladas o protonadas correspondientes.



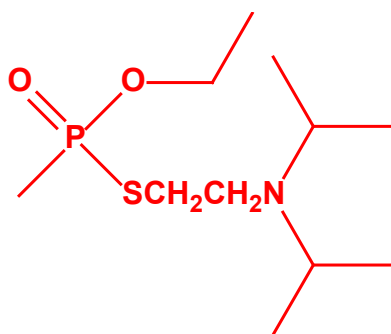
$R^1 \leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo

$R^2, R^3, R^4 =$  metilo, etilo, propilo o isopropilo

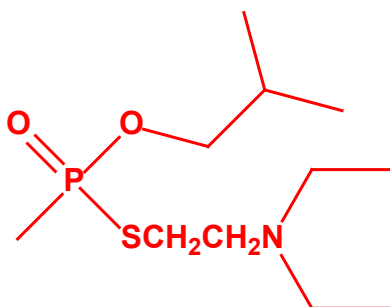
Más de 200 000 sustancias químicas

**Ejemplos:**

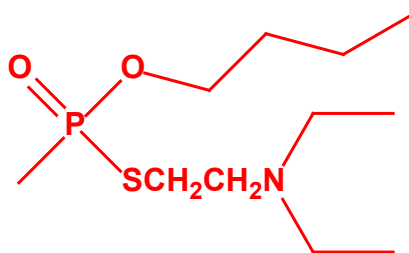
VX: S-2-diisopropilaminoetil metilfosfonotiolato de O-etilo (50782-69-9)



VR: S-2-dietilaminoetil metilfosfonotiolato de O-(2-metilpropilo) (159939-87-4)

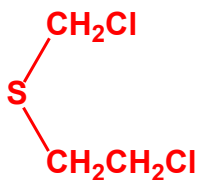


C-VX: S-2-dietilaminoetil metilfosfonotiolato de O-butilo (468712-10-9)

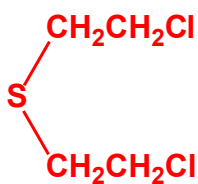


#### 1A.4 Mostazas de azufre:

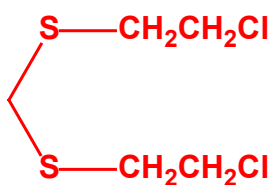
1A.4.1 Clorometilsulfuro de 2-cloroetilo (2625-76-5)



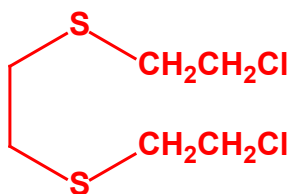
1A.4.2 H, HD, Gas mostaza: sulfuro de bis(2-cloroetilo) (505-60-2)



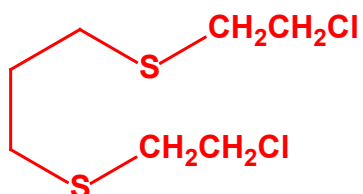
1A.4.3 Bis(2-cloroetiltio)metano (63869-13-6)



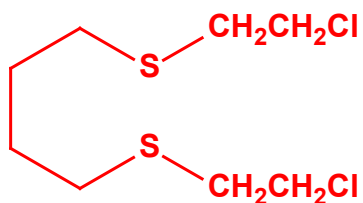
**1A.4.4** Sesquimostaza: 1,2-bis(2-cloroetil)etano (3563-36-8)



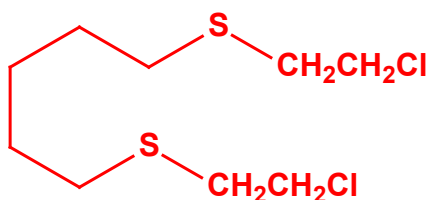
**1A.4.5** 1,3-bis(2-cloroetil)propano (63905-10-2)



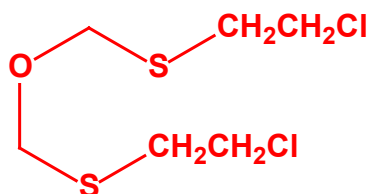
**1A.4.6** 1,4-bis(2-cloroetil)butano (142868-93-7)



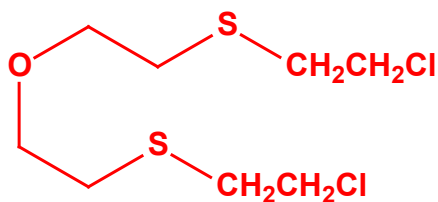
**1A.4.7** 1,5-bis(2-cloroetil)pentano (142868-94-8)



**1A.4.8** T, bis(2-cloroetil)metiléter (63918-90-1)

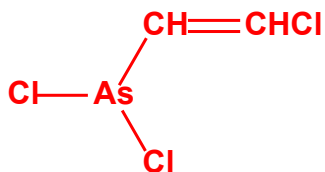


**1A.4.9** Mostaza O: bis(2-cloroetil)éter (63918-89-8)

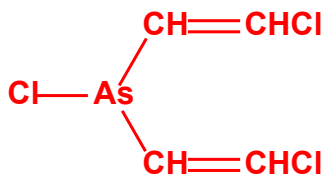


## 1A.5 Lewisitas:

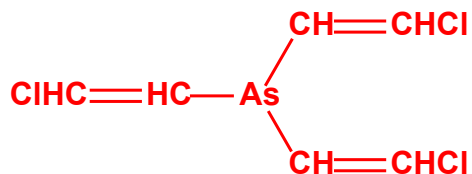
### 1A.5.1 L1, Lewisita 1: 2-clorovinildicloroarsina (541-25-3)



### 1A.5.2 L2, Lewisita 2: bis(2-clorovinil) cloroarsina (40334-69-8)

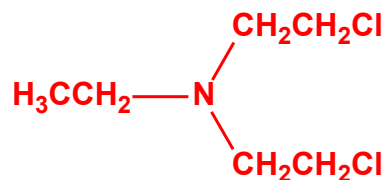


### 1A.5.3 L3, Lewisita 3: tris(2-clorovinil) arsina (40334-70-1)

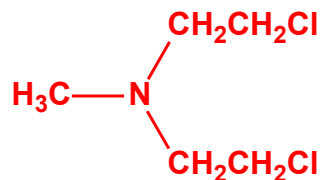


## 1A.6 Mostazas de nitrógeno:

### 1A.6.1 HN1: bis(2-cloroetil) etilamina (538-07-8)



### 1A.6.2 HN2: bis(2-cloroetil) metilamina (51-75-2)

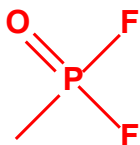




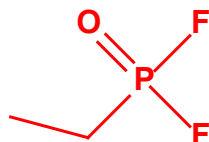


## Ejemplos:

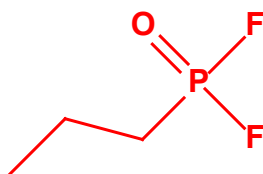
DF: metilfosfonildifluoruro (676-99-3)



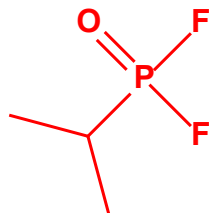
Etilfosfonildifluoruro (753-98-0)



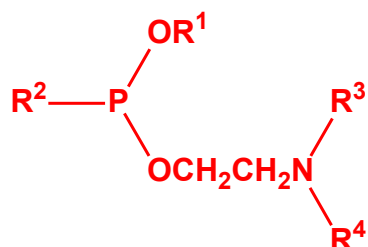
Propilfosfonildifluoruro (690-14-2)



Isopropilfosfonildifluoruro (677-42-9)



**1B.10** O-2-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) aminoetil alquil (metil, etil, propil o isopropil) fosfonitos de O-alquilo (H o  $\leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo) y sales alquiladas o protonadas correspondientes



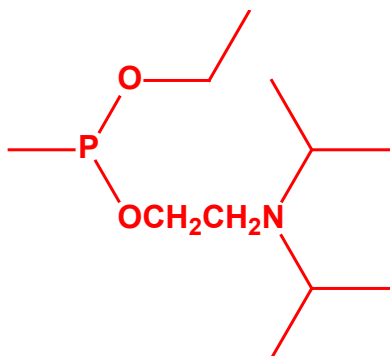
$R^1 \leq C_{10}$ , incluido el cicloalquilo

$R^2, R^3, R^4$  = metilo, etilo, propilo o isopropilo

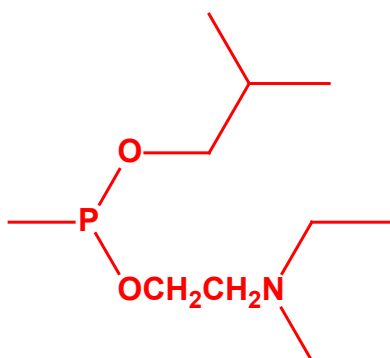
Más de 200 000 sustancias químicas

**Ejemplos:**

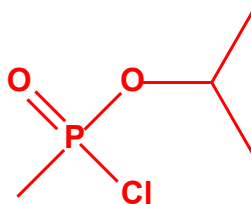
QL: O-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonito de O-etilo (57856-11-8)



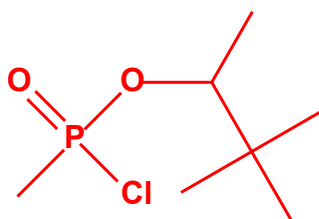
O-2-diisopropilaminoetilmetilfosfonito de O-etilo (169662-66-2)



**1B.11** Cloro sarín: metilfosfonocloridato de O-isopropilo (1445-76-7)



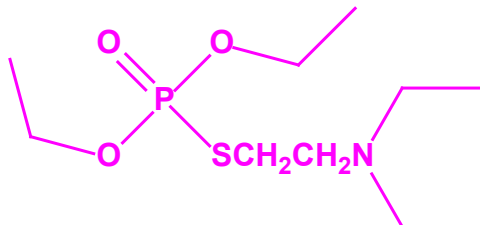
**1B.12** Cloro somán: metilfosfonocloridato de O-pinacolilo (7040-57-5)



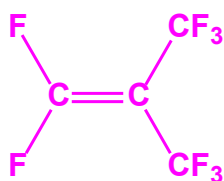
## Lista 2

### A. Sustancias químicas tóxicas:

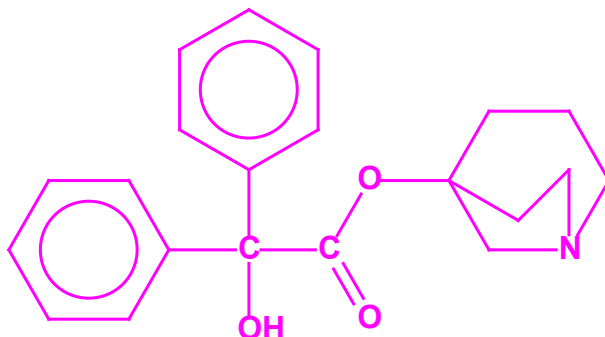
2A.1 VG, amitón: Fosforotiolato de O,O-dietil S-2-(dietilamino) etil y sales alquiladas o protonadas correspondientes (78-53-5)



2A.2 PFIB: 1,1,3,3,3-pentafluoro-2-(trifluorometil) de 1-propeno (382-21-8)

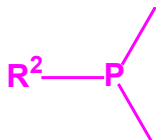
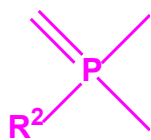


2A.3 BZ: Bencilato de 3-quinuclidinilo (\*) (6581-06-2)



### B. Precursores:

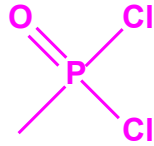
2B.4 Sustancias químicas, excepto las sustancias enumeradas en la Lista 1, que contengan un átomo de fósforo al que esté enlazado un grupo metilo, etilo, propilo o isopropilo, pero no otros átomos de carbono.



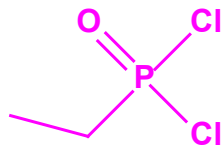
R<sup>2</sup> = metilo, etilo, propilo o isopropilo  
Más de 1000 000 sustancias químicas

**Ejemplos:**

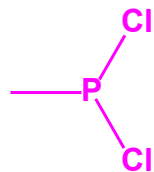
DC, dicloruro de metilfosfonilo (676-97-1)



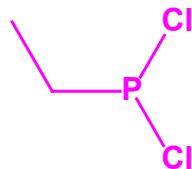
Dicloruro de etilfosfonilo (1066-50-8)



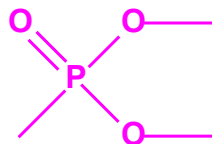
Metildiclorofosfina (676-83-5)



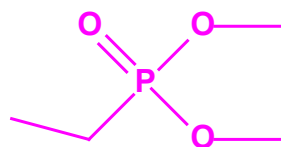
Etildiclorofosfina (1498-40-4)



Metilfosfonato de dimetilo (756-79-6)

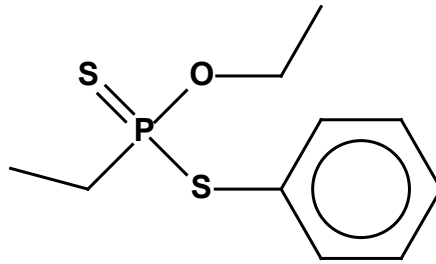


Etilfosfonato de dimetilo (6163-75-3)

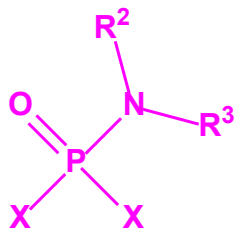


**Excepción:**

Fonofos: etilfosfonotiolotionato de O-etilo S-fenilo (944-22-9)



**2B.5** Dihaluros N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) fosforamídicos



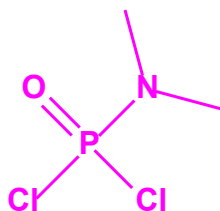
X = flúor, cloro, bromo, iodo

R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> = metilo, etilo, propilo o isopropilo

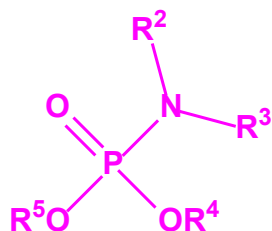
Más de 20 sustancias químicas

**Ejemplo:**

Dicloruro de N,N-dimetilfosforamídico (677-43-0)



**2B.6** N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) fosforamidatos O,O'-dialquílicos (metílicos, etílicos, propílicos o isopropílicos)



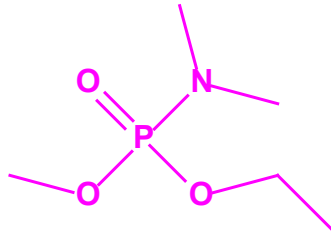
R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> = metilo, etilo, propilo o isopropilo

R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> = metilo, etilo, propilo o isopropilo

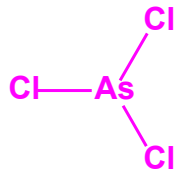
100 sustancias químicas

**Ejemplo:**

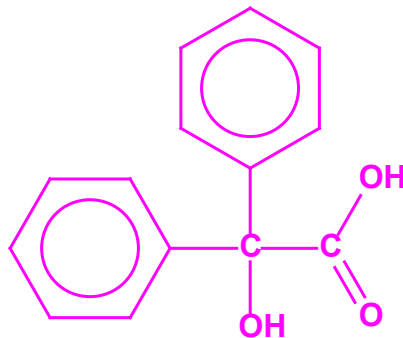
N,N-dimetilfosforamidato de O-etilo y O-metilo (135505-94-1)



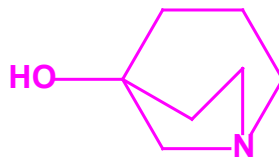
**2B.7** Tricloruro de arsénico (7784-34-1)



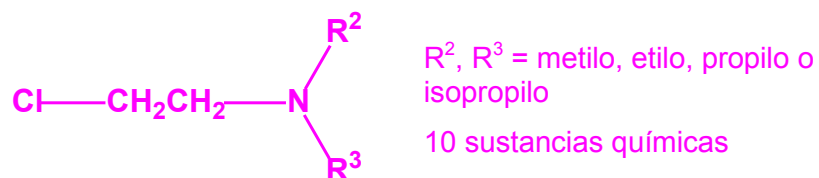
**2B.8** Acido 2,2-difenil-2-hidroxiacético (76-93-7)



**2B.9** Quinuclidinol-3 (1619-34-7)

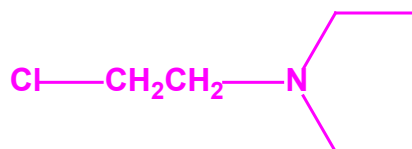


**2B.10** Cloruros de N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) aminoetilo-2 y sales protonadas correspondientes

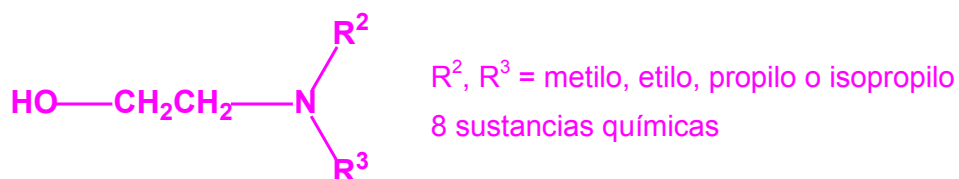


**Ejemplo:**

Cloruro de N,N-dietil aminoetilo-2 y sales protonadas correspondientes (100-35-6)

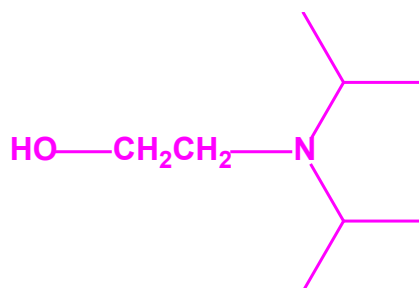


**2B.11 N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) aminoetanoles-2 y sales protonadas correspondientes**



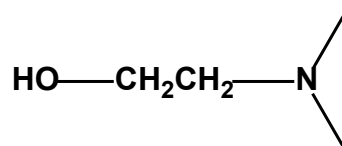
**Ejemplo:**

2-(N,N-diisopropilamina)etanol y sales protonadas correspondientes (96-80-0)

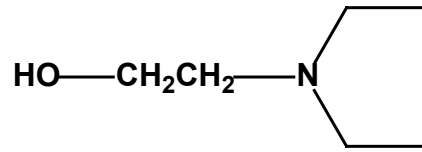


**Excepciones:**

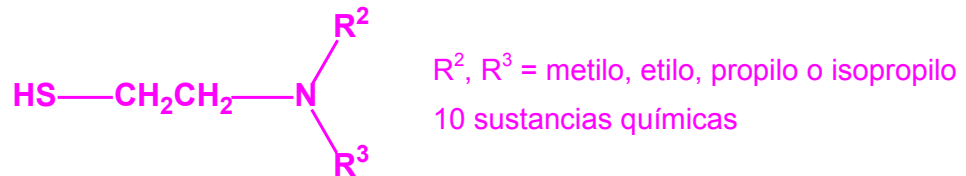
2-(N,N-dimetilamina)etanol y sales protonadas correspondientes (108-01-0)



2-(N,N-dietilamina)etanol y sales protonadas correspondientes (100-37-8)

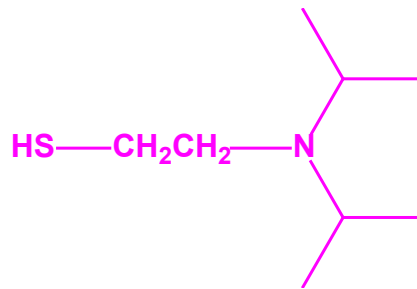


**2B.12** N,N-dialquil (metil, etil, propil o isopropil) aminoetanotioles-2 y sales protonadas correspondientes

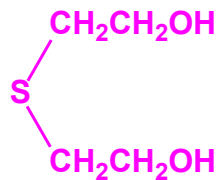


**Ejemplo:**

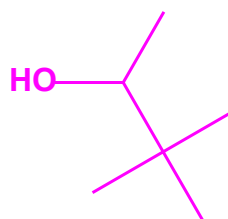
2-(N,N-diisopropilamina)etanotiol y sales protonadas correspondientes (5842-07-9)



**2B.13** Tiodiglicol: sulfuro de bis (2-hidroxi etilo) (111-48-8)



**2B.14** Alcohol pinacolífico: 3,3-dimetilbutanol-2 (464-07-3)

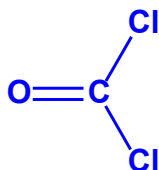




## Lista 3

### A. Sustancias químicas tóxicas:

3A.1 CG, fosgeno: dicloruro de carbonilo (75-44-5)



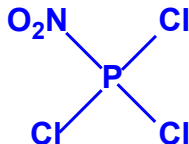
3A.2 CK, cloruro de cianógeno (506-77-4)



3A.3 AC, cianuro de hidrógeno (74-90-8)

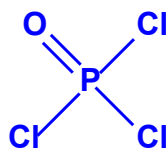


3A.4 PS, cloropicrina: tricloronitrometano (76-06-2)

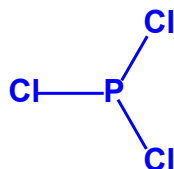


### B. Precursores:

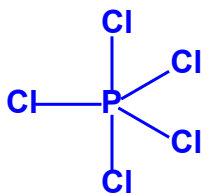
3B.5 Oxicloruro de fósforo (10025-87-3)



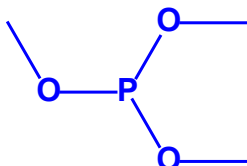
3B.6 Tricloruro de fósforo (7719-12-2)



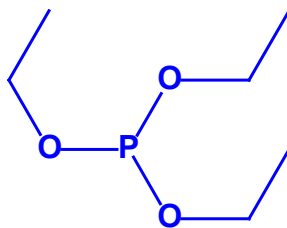
**3B.7** Pentacloruro de fósforo (10026-13-8)



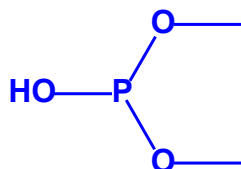
**3B.8** Fosfito trimetílico (121-45-9)



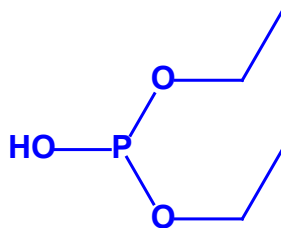
**3B.9** Fosfito trietilico (122-52-1)



**3B.10** Fosfito dimetílico (868-85-9)



**3B.11** Fosfito dietílico (762-04-9)



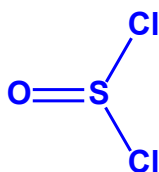
**3B.12** Monocloruro de azufre (10025-67-9)



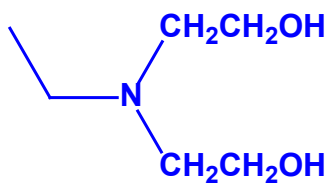
**3B.13** Dicloruro de azufre (10545-99-0)



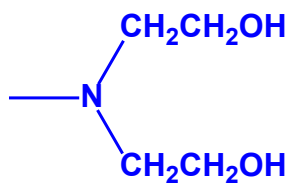
**3B.14** Cloruro de tionilo (7719-09-7)



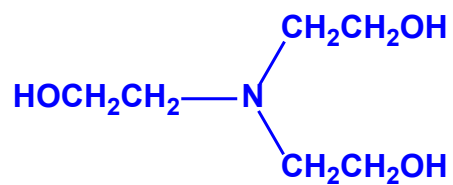
**3B.15** Etildietanolamina (139-87-7)



**3B.16** Metildietanolamina (105-59-9)



**3B.17** Trietanolamina (102-71-6)



## Referencias

1. Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción, el Almacenamiento y el Empleo de Armas Químicas y sobre su Destrucción (CAQ), disponible en [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC\\_es.pdf](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_es.pdf) y en [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC\\_es.doc](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_es.doc)
2. Response to the Director-General's Request to the Scientific Advisory Board to Provide Further Advice on Scheduled Chemicals, [https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/SAB/en/sab-23-wp01\\_e\\_.pdf](https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/SAB/en/sab-23-wp01_e_.pdf)
3. CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, 90th edition, 2009-2010
4. Imágenes especulares no superponibles, <http://cbrn.es/?p=322>