

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 962 545**

51 Int. Cl.:

**C08F 220/54** (2006.01)  
**C08F 2/10** (2006.01)  
**C08F 2/48** (2006.01)  
**C08K 3/16** (2006.01)  
**C08K 5/10** (2006.01)  
**C08K 5/16** (2006.01)  
**C08L 33/24** (2006.01)  
**C08K 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2019** **PCT/FR2019/050686**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2019** **WO19186054**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2019** **E 19719550 (6)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2023** **EP 3740514**

54 Título: **Utilización de soluciones específicas y materiales poliméricos obtenidos de estas soluciones para atrapar agentes químicos tóxicos**

30 Prioridad:

**27.03.2018 FR 1852653**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.03.2024**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D", 25 rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CADRA, STÉPHANE y  
BLONDEL, BENOIT**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 962 545 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Utilización de soluciones específicas y materiales poliméricos obtenidos de estas soluciones para atrapar agentes químicos tóxicos

Área técnica

5 La presente invención se refiere al uso de soluciones específicas o materiales poliméricos específicos obtenidos a partir de estas soluciones para atrapar agentes químicos tóxicos, tales como compuestos químicos organofosforados.

Debido a sus propiedades atrapantes respecto de agentes tóxicos, tales como compuestos organofosforados, estas soluciones o materiales poliméricos pueden encontrar aplicación en la descontaminación de ambientes que comprenden compuestos químicos organofosforados, por ejemplo, en determinados ambientes, como la industria  
10 química, la agricultura o incluso en sectores que luchan contra los ataques con gases químicos.

En general, los compuestos organofosforados presentes en estos ambientes se presentan en forma de compuestos orgánicos de probada toxicidad para el organismo humano, pudiendo la concentración letal media por inhalación ser de al menos  $10 \text{ mg} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$ , como se describe en *J.Org.Chem.1996*, 61, 8407-8413. De hecho, estos compuestos pueden estar implicados en el mecanismo de inhibición de la acetilcolinesterasa impidiendo la relajación muscular y  
15 pudiendo provocar así la muerte por asfixia.

Estos compuestos pueden incluirse en la formulación de insecticidas, pesticidas o incluso agentes químicos de combate y clásicamente se presentan en forma de compuestos orgánicos oleosos hidrosolubles que, una vez dispersos en el medio ambiente, tienen una vida media en agua que puede oscilar entre 5 horas a 80 horas, con el riesgo de que los productos de degradación por hidrólisis en agua permanezcan tóxicos por un período de 30 a 60  
20 días.

Dada su toxicidad, se han realizado numerosas investigaciones para desarrollar soluciones curativas a las amenazas relacionadas con los compuestos organofosforados, uno de los ejes de esta investigación tiene como objetivo encontrar sistemas que catalicen el proceso de degradación de estos compuestos, con el fin de volverlos inactivos rápidamente.

25 Estos sistemas descontaminantes se presentan generalmente en forma de líquidos o de polvos en forma de aspersión o incluso en forma de líquido que empapa una esponja, pudiendo los principios activos en el origen de la descontaminación ser de origen inorgánico u orgánico.

Como ejemplos de principios activos inorgánicos se pueden citar soluciones alcalinas, tales como soluciones de hidróxido de sodio (NaOH), soluciones de potasa (KOH), soluciones de hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), que fueron las primeras soluciones descontaminantes que se estudiaron a finales de los años 50, debido a su eficacia para combatir compuestos organofosforados, como el gas Sarín o el gas Somán, que entran en la categoría de neurotóxicos tipo G, tales sistemas siendo descritos en *Act.Chem.Scand.* 1957, 11, 1131-1142.  
30

Desde el punto de vista del mecanismo de acción de estas soluciones alcalinas respecto a los compuestos organofosforados, se ha demostrado que permiten aumentar la cinética de hidrólisis de los gases Sarín y Somán aumentando el valor del pH del medio, reduciéndose la vida media a 8 minutos en un medio básico. Por otra parte, el uso de soluciones alcalinas resulta ineficaz contra compuestos organofosforados más persistentes, tales como los agentes nerviosos de tipo V (y más específicamente los agentes VX y VR-55).  
35

Para estos agentes neurotóxicos tipo V, se han propuesto nuevas soluciones, como se describe en *J.Org.Chem.* 2009, 74, 329-338, donde, para mejorar la hidrólisis de estos agentes, se propone adsorberlos sobre una mezcla en polvo compuesta por fluoruro de potasio (KF) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), permitiendo esta mezcla, en presencia de agua, generar potasa (KOH), lo que induce un aumento del pH del medio.  
40

Como ejemplos de principios activos orgánicos, se ha propuesto utilizar compuestos orgánicos  $\alpha$ -nucleofílicos, es decir un compuesto que comprende un grupo nucleófilo adyacente a un átomo que porta un doblete electrónico, cuyo doblete tiene el efecto de reforzar el carácter nucleófilo del compuesto. Los compuestos que cumplen esta definición y son eficaces para la descontaminación de un entorno que comprende compuestos organofosforados tales como agentes de tipo G o V son compuestos oximatos, tales como 2,3-butanodiona monoxima.  
45

Como alternativa, se ha propuesto también integrar estas funciones oximato directamente en un polímero, por ejemplo a partir de un polímero base del tipo poliacrilonitrilo. Los grupos amidoximato así generados tienen un alto carácter nucleofílico con un pKa del orden de 11 a 12 (frente a 8, para las oximas convencionales), como se describe en *Ind.Eng.Chem.Res.* 2009, 48, 1650-1659, exhibiendo los polímeros resultantes una alta eficiencia de dispersión en agua con vidas medias respectivas de 5 minutos y menos de 3 minutos para el gas VX y el gas Sarín. WO2017129688 A1 se refiere al uso de materiales de hidrogel para el secuestro de compuestos químicos organofosforados.  
50

Asimismo, a la vista de lo existente, los inventores se propusieron desarrollar nuevos sistemas que puedan utilizarse para la descontaminación de agentes químicos tóxicos y, más particularmente, de compuestos organofosforados y

que, además de su eficacia, sean sencillos y fáciles de utilizar y adaptados para todo tipo de sustratos sobre los que se puedan encontrar agentes químicos tóxicos.

Declaración de la invención

Así, la invención se refiere al uso:

- 5 - de una solución que comprende al menos un disolvente prótico, al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un agente reticulante que comprende al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un iniciador de fotopolimerización y al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas; o
- 10 - de un material polimérico capaz de obtenerse mediante polimerización de la solución definida anteriormente, comprendiendo dicho material un polímero resultante de la polimerización de los monómeros y los agentes de reticulación tal como se definen anteriormente y atrapando, en su interior, una fase líquida que comprende al menos un agente tal como se define anteriormente (es decir, al menos un agente seleccionado entre haluros alcalinos, fosfatos alcalinos, sulfatos alcalinos y mezclas de los mismos);
- 15 para atrapar al menos un agente químico tóxico.

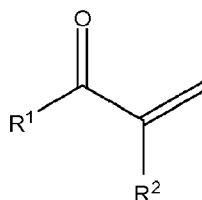
Por solución se especifica que es una mezcla líquida homogénea de los ingredientes antes mencionados, lo que significa que todos se utilizan de manera que sean solubles en el disolvente prótico de la solución.

- 20 Por disolvente prótico se especifica que se entiende un disolvente polar que tiene al menos un átomo de hidrógeno capaz de implicarse en la formación de enlaces de hidrógeno, siendo un ejemplo de disolvente prótico particularmente ventajoso para la invención el agua, en cuyo caso las soluciones de la invención se puede describir como soluciones acuosas. El disolvente prótico, tal como agua, puede estar presente en la solución entre un 40 y un 60% en volumen con respecto al volumen total de la solución.

Por grupo (alquil)acrílico, grupo (alquil)acrilato o grupo (alquil)acrilamida, se especifica que se refiere respectivamente:

- 25 - para el grupo (alquil)acrílico, un grupo acrílico o un grupo alquilacrílico (lo que significa que un grupo alquilo está presente en el carbono que lleva el doble enlace y el grupo -CO-);
- para el grupo (alquil)acrilato, un grupo acrilato o un grupo alquilacrilato (lo que significa que un grupo alquilo está presente en el carbono que lleva el doble enlace y el grupo -CO-); y
- para el grupo (alquil)acrilamida, un grupo acrilamida o un grupo alquilacrilamida (lo que significa que un grupo alquilo está presente en el carbono que lleva el doble enlace y el grupo -CO-).
- 30 Un ejemplo de un grupo (alquil)acrílico, un grupo (alquil)acrilato o un grupo (alquil)acrilamida es un grupo (met)acrílico, un grupo (met)acrilato o un grupo (met)acrilamida, respectivamente.

Como se ha mencionado más arriba, las soluciones de la invención comprenden al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, un grupo (alquil)acrilato o un grupo (alquil)acrilamida, pudiendo corresponder dicho monómero a la siguiente fórmula (I):

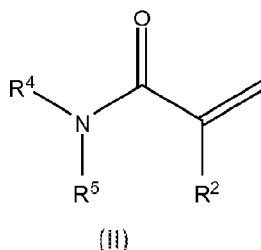


(I)

- 35 en la que :

- 40 - R<sup>1</sup> representa -OR' donde R' representa un átomo de hidrógeno o un elemento alcalino (tal como sodio o potasio); -OR<sup>3</sup> con R<sup>3</sup> que representa un grupo alquilo, que comprende preferiblemente de 1 a 4 átomos de carbono (tal como un grupo metilo, un grupo etilo); o -NR<sup>4</sup>R<sup>5</sup> con R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> que representan, independientemente entre sí, un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, comprendiendo preferentemente de 1 a 4 átomos de carbono (tal como un grupo metilo, un grupo etilo);
- R<sup>2</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, que comprende preferiblemente de 1 a 4 átomos de carbono (tal como un grupo metilo, un grupo etilo).

Ventajosamente, el o los monómeros de la invención comprenden un grupo (alquil)acrilamida, tal como los que corresponden a la siguiente fórmula (II):



en la que :

- 5 - R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> son como se definen anteriormente;  
 - R<sup>2</sup> es como se define arriba.

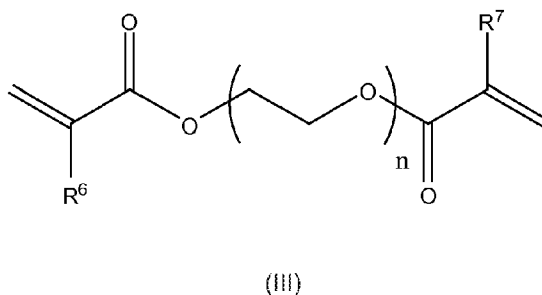
En particular, puede ser un monómero de fórmula (II), en la que R<sup>2</sup> es un átomo de hidrógeno y R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> representan un grupo metilo, correspondiendo tal monómero a N,N'-dimetilacrilamida.

- 10 El o los monómeros pueden estar presentes en la solución en una cantidad del 40 al 60% en volumen con respecto al volumen total de la solución. Por ejemplo, cuando el monómero es N,N'-dimetilacrilamida, puede estar presente en un 47,8% en volumen con respecto al volumen total de la solución.

Las soluciones de la invención también comprenden al menos un agente reticulante que comprende al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato, (alquil)acrilamida, lo que significa en otras palabras que se trata de un compuesto que comprende, por ejemplo :

- 15 - al menos dos grupos (alquil)acrílicos;  
 - al menos dos grupos (alquil)acrilato;  
 - al menos dos grupos (alquil)acrilamida;  
 - al menos un grupo (alquil)acrílico y al menos un grupo (alquil)acrilato;  
 - al menos un grupo (alquil)acrílico y al menos un grupo (alquil)acrilamida; o  
 20 - al menos un grupo (alquil)acrilato y al menos un grupo (alquil)acrilamida.

Ventajosamente, el o los agentes reticulantes son agentes que comprenden al menos dos grupos (alquil)acrilato, tales como los que corresponden a la siguiente fórmula (III):



en la que :

- 25 - R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> representan, independientemente entre sí, un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, por ejemplo, que comprende de 1 a 4 átomos de carbono (por ejemplo, un grupo metilo, un grupo etilo);  
 - n corresponde al número de apariciones del patrón tomado entre paréntesis, este número varía de 1 a 15,

A modo de ejemplo, un agente reticulante que puede usarse en las soluciones de la invención es un agente de fórmula (III), en la que R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son grupos metilo, correspondiendo este agente a un dimetacrilato de polietilenglicol.

- 30 Es completamente posible utilizar varios agentes reticulantes distintos que entren dentro del alcance de la definición de agentes de fórmula (III) definida anteriormente.

También se entiende que los agentes reticulantes son distintos de los monómeros usados en las soluciones de la invención.

5 En particular, se puede utilizar una mezcla de dimetacrilato de polietilenglicol con una masa molar media de 750 g/mol, lo que corresponde a una mezcla de varias moléculas de fórmula (III) definida anteriormente, con un número medio de aparición de unidades de etilenglicol de 13,2. El o los agentes reticulantes pueden estar presentes en la solución en una cantidad del 1 al 5% en volumen con respecto al volumen total de la solución.

Cuando se trata de la mezcla antes mencionada de dimetacrilato de polietilenglicol, esta mezcla puede estar presente en la solución en una cantidad del 1,6% en volumen con respecto al volumen total de la solución.

10 Finalmente, las soluciones comprenden al menos un iniciador de fotopolimerización (que también puede denominarse fotoiniciador), cuyo iniciador es un compuesto capaz de generar radicales libres, cuando se somete a una radiación adecuada (por ejemplo, radiación UV de entre 350 y 420 nm). Los radicales así formados reaccionarán así con los sitios reactivos de los compuestos presentes en la solución (en este caso, las funciones polimerizables de los monómeros y agentes reticulantes), conduciendo así a la polimerización de estos compuestos. Éste o estos iniciadores se solubilizan ventajosamente mediante al menos uno de los ingredientes constituyentes de la solución (por ejemplo, el disolvente prótico).

15 El o los iniciadores de fotopolimerización susceptibles de ser utilizados en las soluciones de la invención pueden ser iniciadores de la familia de las cetonas aromáticas, tales como 1-hidroxi-ciclohexilfenilcetona (también conocida con los nombres comerciales IRGACURE® 184 o CPK®) o (fenilfosforil)bis(mesitilmetanona) (conocido con el nombre de IRGACURE® 819) o una mezcla de estos dos fotoiniciadores.

20 El iniciador o los iniciadores de fotopolimerización pueden estar presentes en la solución a un nivel de 1 a 15 g/l. Por ejemplo, cuando el iniciador es el IRGACURE® 184, puede estar presente en un nivel de 11,5 g/L.

Finalmente, las soluciones comprenden al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas.

25 Los autores de la invención han comprobado que estos agentes contribuyen a neutralizar los compuestos organofosforados y, en particular, a combatir los compuestos organofosforados del tipo V, que son compuestos que comprenden un átomo de azufre, que está unido a un grupo fosfonato, siendo los agentes mencionados anteriormente capaces de cortar los enlaces fósforo-azufre para acelerar la hidrólisis.

30 Además, los agentes antes mencionados permiten aumentar la fuerza iónica de las soluciones que los contienen, lo que permite, entre otras cosas, aumentar el poder secuestrante de los compuestos organofosforados por presión osmótica.

El o los agentes pueden estar presentes en la solución en una cantidad de 1 a 30 g/l, preferiblemente de 1 a 15 g/l.

Más específicamente, el o los agentes pueden seleccionarse entre fluoruros alcalinos, los fluoruros alcalinos pueden estar presentes en la solución en una cantidad de 1 a 15 g/l.

35 Un agente particularmente eficaz que puede usarse en las soluciones de la invención es el fluoruro de potasio, que puede estar, por ejemplo, presente en la solución a un nivel de 11,5 g/l.

40 A modo de ejemplo, las soluciones de la invención pueden estar compuestas exclusivamente por al menos un disolvente prótico, por al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, por al menos un agente reticulante, que comprende al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un iniciador de fotopolimerización y al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas.

Una solución según la invención es una solución que comprende o consiste exclusivamente en los siguientes ingredientes:

- como disolvente prótico, agua;
- como monómero, N,N'-dimetilacrilamida;
- 45 - como agente reticulante, un dimetacrilato de polietilenglicol o una mezcla de los mismos;
- como iniciador de fotopolimerización, 1-hidroxi-ciclohexilfenilcetona (también conocida con el nombre comercial IRGACURE® 184);
- como agente, fluoruro de potasio.

50 Las soluciones de la invención constituyen formulaciones líquidas aplicables a una amplia gama de objetos contaminados por compuestos organofosforados debido a la buena compatibilidad de estas soluciones con respecto

a una amplia gama de superficies (tal como una superficie metálica tal como una superficie de aluminio, una superficie pintada, una superficie esmaltada o una superficie de material plástico).

5 Se precisa que, por buena compatibilidad, se entiende que ninguna degradación (tal como fenómeno de corrosión, coloración, hinchamiento, incrustación o alteración perceptible a simple vista) es visible después de 1 hora de puesta en contacto con las soluciones de la invención.

10 Una vez aplicadas sobre dicha superficie, por ejemplo mediante recubrimiento, inyección o pulverización, las soluciones de la invención, debido a sus propiedades intrínsecas ligadas a la naturaleza de los ingredientes antes mencionados, podrán integrar, por difusión natural y miscibilidad natural, los agentes químicos tóxicos, como los compuestos organofosforados inicialmente presentes en la superficie. Las soluciones que han capturado estos  
 15 agentes tóxicos pueden luego gelificarse bajo la influencia de radiación natural o artificial (lo que implica la aplicación de radiación distinta de la radiación de la luz natural). Más específicamente, bajo el efecto de la radiación adecuada, el o los iniciadores de fotopolimerización se activan y provocan el inicio de la polimerización de los monómeros y de los agentes reticulantes de la solución. Al final de la polimerización, esto da como resultado una congelación de la solución en forma de un material polimérico, que se encuentra en forma de un gel cohesivo (que puede describirse como un hidrogel, cuando el disolvente práctico es agua), en donde los agentes tóxicos quedan físicamente atrapados en la solución restante, que a su vez está completamente atrapada en la red polimérica del gel. Este gel cohesivo constituye una membrana de contención, intacta y manipulable, que luego puede eliminarse mecánicamente, por ejemplo, simplemente despegándose de la superficie del sustrato, dejando así un sustrato descontaminado. Como resultado, los agentes tóxicos así atrapados son evacuados de la superficie contaminada sin necesidad de utilizar  
 20 dispositivos específicos de enjuague, recuperación o tratamiento de efluentes. El material polimérico constituye un material de contención de los agentes químicos tóxicos inicialmente presentes en la superficie a descontaminar.

También cabe señalar que, debido a la reactividad de la solución con respecto a los compuestos organofosforados, los compuestos organofosforados atrapados en el gel pueden degradarse de forma natural *in situ*.

25 Como se mencionó anteriormente, para atrapar al menos un agente químico tóxico, también se puede usar un material polimérico capaz de obtenerse mediante polimerización de una solución como se define anteriormente, comprendiendo dicho material un polímero resultante de la polimerización de los monómeros y los agentes reticulantes tal como se definen anteriormente (en otras palabras, el polímero comprende unidades repetidas resultantes de la polimerización de los monómeros y los agentes reticulantes atrapando, dentro del mismo, una fase líquida (por ejemplo, una fase que comprende un disolvente práctico, tal como agua) que comprende un agente seleccionado entre haluros alcalinos, fosfatos alcalinos, sulfatos alcalinos y mezclas de los mismos.  
 30

Las particularidades relativas a monómeros, agentes reticulantes y agentes seleccionados entre haluros alcalinos, fosfatos alcalinos, sulfatos alcalinos y mezclas de los mismos definidos en relación con las soluciones también son válidos para los materiales.

35 Cuando la fase líquida comprende agua como disolvente práctico, el material polimérico mencionado anteriormente puede describirse como un material de hidrogel.

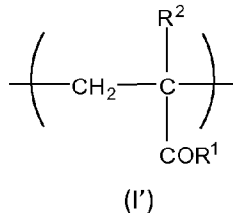
40 Por material de hidrogel se especifica que es un material en forma de gel constituido por un polímero en el que se retiene una fase acuosa, que convencionalmente corresponde al medio de polimerización (es decir, el medio en el que tuvo lugar la polimerización para formar el polímero que constituye el material del hidrogel), que absorbió, en nuestro caso, los compuestos organofosforados. Debido a la flexibilidad de la red polimérica que constituye el hidrogel, un material de este tipo es clásicamente capaz de absorber una masa de agua que puede exceder 100 veces la masa del edificio polimérico y, en nuestro caso, al menos 5 veces la masa del edificio polimérico.

Por polímero se entiende, clásicamente, en el sentido de la invención, un compuesto constituido por la secuencia de una o más unidades repetitivas.

45 Por unidad repetitiva se entiende, convencionalmente, en el sentido de la invención, un grupo orgánico bivalente (es decir, un grupo formador de puentes) resultante de un monómero después de su polimerización, correspondiendo la fórmula de la unidad repetitiva a la del monómero cuyo doble enlace ha sido reemplazado por dos átomos de hidrógeno transportados por los átomos de carbono que llevan el doble enlace en el monómero.

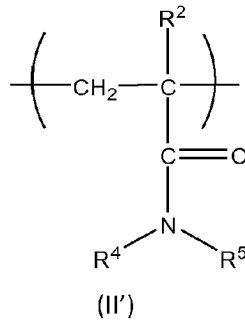
50 El polímero comprende unidades repetitivas resultantes de la polimerización de los monómeros y los agentes reticulantes, lo que significa en otras palabras, que este polímero es un polímero reticulado, que puede comprender varias cadenas que comprenden una o más unidades repetitivas resultantes de la polimerización de los monómeros unidos entre sí por una o más unidades repetitivas (que pueden así calificarse de unidades reticulantes) resultantes de la polimerización de los agentes reticulantes.

55 A modo de ejemplo, el polímero puede comprender una unidad repetitiva resultante de la polimerización de un monómero de fórmula (I) tal como se define anteriormente, correspondiendo así esta unidad repetitiva a la siguiente fórmula (I'):

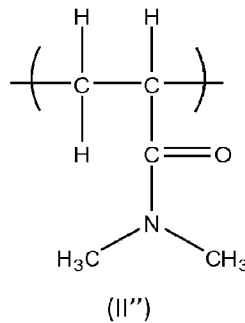


con R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> siendo como se define anteriormente, y

- 5 aún más específicamente, el polímero puede comprender una unidad repetitiva resultante de la polimerización de un monómero de fórmula (II) tal como se define anteriormente, correspondiendo así esta unidad repetitiva a la siguiente fórmula (II'):

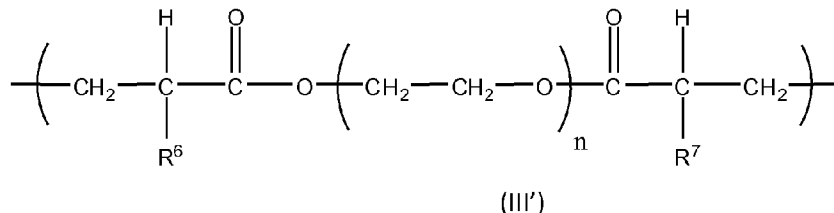


en la que la R<sup>2</sup>, R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> son como se definen anteriormente, y más particularmente, R<sup>2</sup> es un átomo de hidrógeno y R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> representan un grupo metilo, en cuyo caso la unidad repetitiva corresponde a la siguiente fórmula (II''):



- 10 esta unidad repetitiva resulta de la polimerización del monómero de N,N'-dimetilacrilamida.

A modo de ejemplo, el polímero puede comprender, además, una unidad repetitiva resultante de la polimerización de un agente reticulante de fórmula (III) tal como se ha definido anteriormente, correspondiendo así esta unidad repetitiva a la siguiente fórmula (III'):



- 15 en la que la R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> y n son como se definen anteriormente y, más particularmente, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son grupos metilo.

En particular, un polímero capaz de entrar ventajosamente en la constitución de la invención es un polímero reticulado que comprende varias cadenas que comprenden una unidad repetitiva de fórmula (II) tal como se define anteriormente (o más específicamente una unidad repetitiva de fórmula (II') o (II'')), dichas cadenas están unidas entre sí por una unidad repetitiva de fórmula (III'), constituyendo así dicha unidad repetitiva una unidad de reticulación.

- 20 Desde un punto de vista estructural, el material de hidrogel se presenta ventajosamente en forma de una membrana, por ejemplo una membrana plana que tiene un espesor que puede oscilar entre 1 mm y 2 cm, pudiendo cumplir la membrana una función de parche.

Como se mencionó anteriormente, las soluciones y los materiales poliméricos de la invención son, en virtud de sus ingredientes, capaces de secuestrar o atrapar compuestos organofosforados.

5 La invención también se refiere a un procedimiento para atrapar un agente químico tóxico, tal como un compuesto organofosforado, presente en una superficie contaminada por dicho agente químico tóxico, siendo dicho agente posiblemente, por ejemplo, un compuesto organofosforado.

Más específicamente, este proceso incluye las siguientes etapas:

- una etapa de poner en contacto una solución como se define anteriormente con la superficie contaminada;

- una etapa de formación de un material polimérico como se define anteriormente mediante polimerización de los monómeros y los agentes de reticulación presentes en la solución;

10 - una etapa de eliminación del material polimérico así formado de dicha superficie, por lo que dicha superficie queda así agotada o incluso desprovista de dicho agente químico tóxico.

La etapa de puesta en contacto se puede llevar a cabo recubriendo la superficie a descontaminar con la solución o rociando la solución sobre la superficie a descontaminar.

15 La etapa de formar el material polimérico se puede realizar mediante la aplicación de radiación para iniciar la fotopolimerización gracias a la acción de los iniciadores de fotopolimerización.

Esta radiación puede pertenecer ventajosamente al campo de la radiación ultravioleta, es decir, una radiación que tiene al menos una longitud de onda en la zona ultravioleta, es decir, una longitud de onda comprendida entre 350 nm y 420 nm.

La intensidad de la radiación puede estar entre 1000 y 10 000 W/m<sup>2</sup>.

20 El origen de la radiación puede ser natural (por ejemplo, exposición a la luz solar natural) o artificial, como, por ejemplo, la radiación de una lámpara UV. A modo de ejemplo, una fuente de luz artificial utilizable en el contexto de la invención puede ser una lámpara UV que emite una longitud de onda de 405 nm con una potencia de 9000 W/m<sup>2</sup>.

También son nuevas y son objeto de la invención soluciones utilizables en el marco del uso y del procedimiento de atrapamiento según la invención, a saber:

25 - una solución utilizable para atrapar al menos un agente químico tóxico, comprendiendo dicha solución al menos un disolvente prótico, al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un agente de reticulación que comprende al menos un agente químico tóxico al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un iniciador de fotopolimerización y al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos excluyendo el cloruro de sodio, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas;

30

- un material polimérico capaz de obtenerse mediante polimerización de una solución como se define anteriormente con respecto al uso y al proceso de captura, comprendiendo el material un polímero resultante de la polimerización de los monómeros y los agentes de reticulación como se define anteriormente y atrapar, en su interior, una fase líquida que comprende al menos un agente como se ha definido anteriormente (es decir, al menos un agente seleccionado entre haluros alcalinos, fosfatos alcalinos, sulfatos alcalinos y mezclas de estos).

35

Las especificidades relativas a las soluciones y a los materiales definidos en el contexto de la descripción del uso objeto de la invención y del procedimiento de atrapamiento objeto de la invención también son válidas para las soluciones como tales y los objetos de la invención.

40 La invención se describirá ahora a la luz de los ejemplos siguientes, que se proporcionan únicamente a modo de ilustración de la invención y de ningún modo constituyen una limitación.

Descripción detallada de modos de realización particulares

Ejemplo 1

Este ejemplo ilustra la preparación de una solución según la invención.

45 En un frasco de pastillas de 30 mL, previamente secado en estufa durante la noche a 90°C bajo vacío dinámico y acondicionado bajo argón, se introducen sucesivamente 10,4 mL de N,N'-dimetilacrilamida, 11,0 mL de agua destilada, 0,35 mL de polietilén glicol)dimetacrilato con una masa molar media de 750 g/mol, 0,25 g de IRGACURE® 184 y 0,25 g de fluoruro de potasio.

50 Se introduce una barra magnética en el medio resultante. A continuación, el medio se purga con argón y se somete a agitación magnética hasta que los compuestos sólidos, tales como IRGACURE® 184 y fluoruro de potasio, se disuelvan por completo.

La solución resultante se almacena bajo argón hasta su uso.

#### Ejemplo 2

Este ejemplo tiene como objetivo evaluar la acción descontaminante de la solución preparada en el Ejemplo 1 sobre un soporte contaminado.

5 Para ello se cortan dos muestras planas de 2,5 cm x 2,5 cm de una placa de aluminio en bruto.

Sobre cada una de las dos muestras se depositan 10 µL de un simulante: metilfosfonato de metilo (simbolizado por la abreviatura DMMP).

10 Se precisa que, por simulante, se entiende un compuesto que presenta propiedades fisicoquímicas similares a las de los compuestos organofosforados (en particular en términos de solubilidad y temperatura de ebullición), siendo al mismo tiempo ligeramente nocivo para el organismo humano.

Para acercarse a las condiciones reales de funcionamiento, se respeta un tiempo de espera de 10 minutos para permitir que el simulante penetre en los poros de las muestras.

15 Al final de este tiempo de espera, la primera muestra se enjuaga con 2 x 0,5 ml de etanol absoluto. Se toma una muestra de prueba de la solución de enjuague y luego se analiza mediante cromatografía de gases junto con espectrometría de masas (GC-MS). Se anota el área de la señal correspondiente al DMMP en el cromatograma y constituirá el valor comparativo.

20 Al mismo tiempo se introducen 200 µL de solución de la invención en la zona contaminada con DMMP de la segunda muestra. La muestra se coloca en un horno UV y luego se irradia a 405 nm a una velocidad de 9000 vatios/m<sup>2</sup>. A este nivel de potencia, la gelificación completa de la solución de la invención se consigue en 4 minutos. La solución adquiere entonces la apariencia de una membrana flexible. Se detiene la irradiación y luego se respeta un tiempo de espera de una hora desde que la solución de la invención entró en contacto con el soporte.

25 Al final del tiempo de espera, la membrana resultante de la polimerización del compuesto de la invención se desprende del soporte mediante unas pinzas. El soporte se enjuaga con 2 x 0,5 ml de etanol absoluto. Se toma una muestra de prueba de la solución de enjuague. Este es analizado por GC-MS, luego se compara el área de la señal correspondiente al DMMP con el valor obtenido previamente.

Durante esta prueba, no se detectó ninguna traza de DMMP sobre el soporte tratado con la solución de la invención, lo que significa que la cantidad de DMMP es inferior al umbral de detección del dispositivo.

No se aprecian daños visuales en el material de soporte.

#### Ejemplo 3

30 Este ejemplo es similar al Ejemplo 2, excepto que el material de soporte utilizado es chapa metálica pintada (pintura lacada de calidad para automóviles).

En este escenario, la gelificación completa de la solución de la invención se alcanza tras 9 minutos de exposición.

Durante esta prueba, no se detectó ninguna traza de DMMP sobre el soporte tratado con la solución de la invención, lo que significa que la cantidad de DMMP es inferior al umbral de detección del dispositivo.

35 No se aprecian daños visuales en el material de soporte.

#### Ejemplo 4

Este ejemplo es similar al Ejemplo 2, excepto que el material de soporte utilizado es loza de barro. La solución se puso en contacto con la cara esmaltada.

40 Durante esta prueba, no se detectó ninguna traza de DMMP sobre el soporte tratado con la solución de la invención, lo que significa que la cantidad de DMMP es inferior al umbral de detección del dispositivo.

No se aprecian daños visuales en el material de soporte.

#### Ejemplo 5

Este ejemplo es similar al Ejemplo 2, excepto que el material de soporte utilizado es un material termoplástico rugoso que consiste en 85% de polipropileno, 15% de talco y un pigmento colorante (< 1%).

45 En este escenario, la gelificación completa de la composición se alcanza después de 8 minutos de exposición.

Durante esta prueba, no se detectó ninguna traza de DMMP sobre el soporte tratado con la solución de la invención, lo que significa que la cantidad de DMMP es inferior al umbral de detección del dispositivo.

No se aprecian daños visuales en el material de soporte.

5 En resumen, para todas las pruebas de descontaminación, se puede calcular el porcentaje de DMMP residual. Esta es la relación entre las áreas de la señal de GC del DMMP sin y con tratamiento con el compuesto de la invención.

Las medidas tomadas se resumen a continuación:

Muestras	Inicial	Después del tratamiento con la invención.	
	Área de GC*	Área de GC*	% DMMP residual**
Aluminio	137 670 887	0	< 0,1%
Loza de barro	135 550 976	0	< 0,1 %
Chapa pintada	58 926 974	0	< 0,1 %
Termoplástico	45 595 837	0	< 0,1 %

\*: Área, en unidades arbitrarias, de la señal del cromatograma correspondiente a DMMP.  
 \*\*: Valor considerado distinto de cero debido al límite de detección del dispositivo GCMS.

10 Para todos los casos estudiados, el tratamiento de superficies contaminadas mediante la invención permite reducir los niveles de contaminantes residuales (DMMP) a valores especialmente bajos (inferiores al 0,1%). Esto significa que un litro de la solución de la invención es capaz de eliminar aproximadamente 50 ml de organofosforado de una superficie contaminada, lo que demuestra el alto nivel de efectividad de las soluciones de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Utilización:

5 - de una solución que comprende al menos un disolvente prótico, al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un agente reticulante que comprende al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un iniciador de fotopolimerización y al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas; o

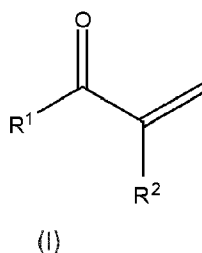
10 - de un material polimérico capaz de obtenerse mediante polimerización de la solución definida anteriormente, comprendiendo dicho material un polímero resultante de la polimerización de los monómeros y los agentes de reticulación tal como se definen anteriormente y atrapando, dentro del mismo, una fase líquida que comprende al menos un agente tal como se define anteriormente;

para atrapar al menos un agente químico tóxico.

2. Utilización según la reivindicación 1, en la que el disolvente prótico es agua.

15 3. Utilización según la reivindicación 1 o 2, en la que el disolvente prótico está presente en una cantidad del 40 al 60% en volumen con respecto al volumen total de la solución.

4. Utilización según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, un grupo (alquil)acrilato o un grupo (alquil)acrilamida corresponde a la siguiente fórmula (I):

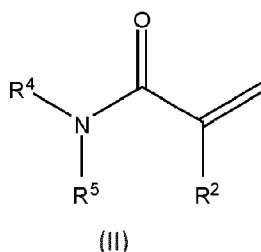


en la que :

20 -R<sup>1</sup> representa -OR' donde R' representa un átomo de hidrógeno o un elemento alcalino; -OR<sup>3</sup> con R<sup>3</sup> representando un grupo alquilo; o -NR<sup>4</sup>R<sup>5</sup> con R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> representan, independientemente entre sí, un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo;

-R<sup>2</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo.

25 5. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un monómero es un monómero que corresponde a la siguiente fórmula (II):



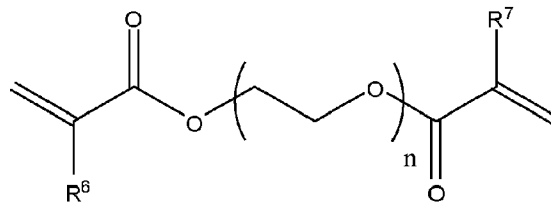
en la que :

- R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> son como se definen en la reivindicación 4;

- R<sup>2</sup> es como se define en la reivindicación 4.

30 6. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un agente reticulante comprende al menos dos grupos (alquil)acrilato.

7. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un agente reticulante corresponde a la siguiente fórmula (III):



(III)

en la que :

- R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> representan, independientemente entre sí, un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo;
- n corresponde al número de apariciones del patrón entre paréntesis, este número oscila entre 1 y 15.

- 5 8. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un agente reticulante está presente en una cantidad del 1 al 5% en volumen con respecto al volumen total de la solución.
9. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un iniciador de fotopolimerización es un iniciador de la familia de las cetonas aromáticas.
- 10 10. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un iniciador de fotopolimerización está presente en una cantidad de 1 a 15 g/l.
11. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un agente está presente en una cantidad de 1 a 15 g/l.
12. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el agente es fluoruro de potasio.
13. Utilización según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el agente químico tóxico es un compuesto organofosforado.
14. Procedimiento para atrapar un agente químico tóxico presente en una superficie contaminada por dicho agente químico tóxico que comprende las siguientes etapas:
- una etapa de poner en contacto la solución definida según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 con la superficie contaminada;
- 20 - una etapa de formación de un material polimérico como se define en la reivindicación 1 mediante polimerización de los monómeros y los agentes de reticulación presentes en la solución;
- una etapa de eliminación del material polimérico así formado de dicha superficie, por lo que dicha superficie queda así agotada o incluso desprovista de dicho agente químico tóxico.
- 25 15. Solución utilizable para atrapar al menos un agente químico tóxico, comprendiendo dicha solución al menos un disolvente prótico, al menos un monómero que comprende un grupo (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un reticulante que comprende al menos dos grupos seleccionados entre los grupos (alquil)acrílico, (alquil)acrilato o (alquil)acrilamida, al menos un iniciador de fotopolimerización y al menos un agente seleccionado entre los haluros alcalinos excluyendo el cloruro de sodio, los fosfatos alcalinos, los sulfatos alcalinos y sus mezclas.