

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 950**

51 Int. Cl.:

<b>B01J 43/00</b>	(2006.01)	<b>C08F 257/02</b>	(2006.01)
<b>B01J 49/45</b>	(2007.01)	<b>C08F 273/00</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/42</b>	(2006.01)	<b>B01D 39/16</b>	(2006.01)
<b>C08F 220/06</b>	(2006.01)		
<b>C08F 220/36</b>	(2006.01)		
<b>C08F 220/58</b>	(2006.01)		
<b>C02F 5/00</b>	(2006.01)		
<b>C08F 26/02</b>	(2006.01)		
<b>C08F 28/02</b>	(2006.01)		
<b>C08F 257/00</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2012 PCT/NL2012/050307**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12154040**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2012 E 12724751 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 2704831**

54 Título: **Sistema polimérico anfolítico**

30 Prioridad:

**06.05.2011 EP 11165136**  
**06.05.2011 US 201161483136 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.03.2018**

73 Titular/es:

**AFIRA IPR B.V. (100.0%)**  
**De Lismortel 31**  
**5612 AR Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**CUSTERS, JOHANNES PETRUS ALDEGONDA;**  
**STEMKENS, LEONARD FRANCISCUS SOPHIA y**  
**VAN ASSELDONK, DIRK THEODORUS ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 656 950 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

Sistema polimérico anfolítico.

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un sistema polimérico anfolítico y un proceso para su preparación. La presente invención también se refiere a la aplicación del sistema polimérico anfolítico en los procesos de separación, en particular en un proceso para separar especies cargadas, en particular, cationes metálicos de sistemas acuosos.

10 Antecedentes de la invención

[0002] La desmineralización corriente o sistemas de reblandecimiento frecuentemente utilizan resinas de cambio de iones, por ejemplo en las plantas de purificación de agua, o productos químicos de reblandecimiento, por ejemplo en las máquinas de lavandería y máquinas de lavavajillas.

La desventaja principal de las resinas es que pierden su capacidad de intercambio iónico después de un periodo de tiempo y necesitan regenerarse.

Este paso de regeneración implica el uso de productos químicos adicionales como ácidos, bases o sales.

Estos productos químicos son nocivos para el medio ambiente porque pueden causar salinización.

20 Lo mismo se aplica a productos químicos de reblandecimiento usados en formulaciones de lavado usadas en máquinas de lavado de lavandería y máquinas de lavavajillas.

La salinización se conoce como la acumulación de sales minerales solubles cerca de la superficie de la tierra, normalmente provocada por el flujo capilar de agua de agua subterránea de solución salina.

25 Donde el índice de evaporación de superficie es alto, la irrigación puede exacerbar el problema por el humedecimiento de la tierra y provocar que el agua se extraiga de niveles más profundos ya que el agua se evapora desde la superficie.

La evaporación de agua pura deja las sales detrás, de forma que se les permite acumularse y pueden alcanzar concentraciones que son tóxicas para plantas, esterilizando así el terreno.

30 [0003] La desmineralización alternativa o sistemas de reblandecimiento pueden estribarse en resinas para cambiar iones termoregenerables.

Estas resinas se pueden regenerar a temperaturas más bajas o más altas que la temperatura a la que estas se usan sin la adición de productos químicos. Se exponen varios sistemas y resinas en la WO 2009/028944.

35 La WO 2009/028944 divulga un proceso para la separación de unas especies cargadas de un sistema acuoso, dicho proceso incluye las etapas de: (1) contactar un primer sistema acuoso que comprende las especies cargadas a una primera temperatura con un sistema polimérico anfolítico que comprende dominios catiónicos y aniónicos, donde las especies cargadas se conectan al sistema polimérico anfolítico y (2) contactar el sistema polimérico anfolítico con un segundo sistema acuoso a una segunda temperatura, donde las especies cargadas se liberan al segundo sistema acuoso, donde la segunda temperatura es superior a la primera temperatura y 40 donde la segunda temperatura es inferior a 60°C. El sistema de polímero anfolítico es preferiblemente un (semi)-IPN que tiene dominios aniónicos y catiónicos y se prepara por copolimerización de al menos un monómero LCST, un monómero catiónico seleccionado del grupo que consiste en monómeros de vinilo e isopropenilo con una forma catiónica de aminas de alquilo o arilo o de compuestos aromáticos heterocíclicos que contienen nitrógeno y un monómero aniónico seleccionado del grupo que consiste en monómeros de vinilo e isopropenilo con un grupo aniónico, por ejemplo un ácido tal como carboxilato, sulfonato, fosfato, fosfonato, fosfinato, 45 preferiblemente un carboxilato.

Ejemplo 1 divulga la síntesis de un semi-IPN de NIPAAm (Acrilamida de N-isopropilo), PANa (poliacrilato de sodio), DMBzEA3mCl (acriloiloxietil-(benzil) cloruro de dimetilamonio), NPAM (Acrilamida de N-piperidilo), el agente de reticulación MBAAm (N,N'-metilenebisacrilamida) y el sistema de catalizador APS (amonio persulfato)/TMEDA (N,N,N,N'-tetrametiletilediamina). Las especies cargadas para ser separadas pueden ser catiónica o aniónica, cationes preferiblemente metálicos y aniones derivados de ácidos orgánicos, respectivamente.

55 [0004] Sin embargo, el sistema polimérico anfolítico según la WO 2009/028944 tiene ciertos inconvenientes, en particular, propiedades mecánicas insuficientes provocadas por proporciones de inflamación alta y en particular un rendimiento insuficiente de desorción para Cu<sup>2+</sup>-ions.

Además, el sistema polimérico anfolítico según la WO 2009/028944 puede solo ser usado sobre un rango de pH limitado, es decir > 4.5.

60 Además, los métodos de síntesis para sistemas de polímero anfolítico descritos en la WO 2009/028944 llevan a gránulos conformados irregulares, que causan anomalías de flujo no deseadas en muchos diseños de proceso.

[0005] C.K. Trinj et al., Angew.Makromol.Chem., 212,167-179, 1993, divulga complejos de polianiones y policationes.

65 Estos complejos pueden se pueden dividir en dos polielectrolitos opuestamente cargados sobre una fuerza iónica crítica determinada.

Se muestra que en general los complejos que consisten en polianiones con grupos sulfonatos fuertemente ácidos y policationes con grupos de amonio cuaternario fuertemente básicos tienen una fuerza iónica crítica que es mucho más alta en comparación con complejos que consisten en polianiones con grupos de carboxilato ácido débilmente y policationes con grupos de amonio cuaternario fuertemente básicos, lo que indica que los complejos últimos tienen generalmente una formación de par de ión más débil.

[0006] N. Gundogan et al., *Macromol. Chem. Phys* 205,814-823, 2004, divulga la síntesis de hidrogeles por polimerización de radicales libres catalizados APS/TMEDA ofN, N-dimetil-N acrilamida y bis(acrilamida) en la solución acuosa a una concentración de varios monómeros y a una densidad de reticulación fija.

La concentración de monómero fue variada entre 0.37 mol/l y 9.7 mol/l.

[0007] C-F. Lee et al., *J. Polym.Sci., Part A, Polym.Chem.* 41,2053-2063, 2003, divulga partículas poliméricas preparadas por polimerización por emulsión de NIPAAm y quitosano.

El quitosano es un polisacárido lineal compuesto por  $\beta$ -(1-4) D-glucosamina enlazada (unidad desacetilada) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada) distribuidas de forma aleatoria.

[0008] H. Macková et al., *J. Polym.Sci., Part A, Polym.Chem.* 45,5884-5898, 2007, divulga microesferas magnéticas preparadas por polimerización por emulsión de NIPAAm y MBAAm en presencia de nanopartículas  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

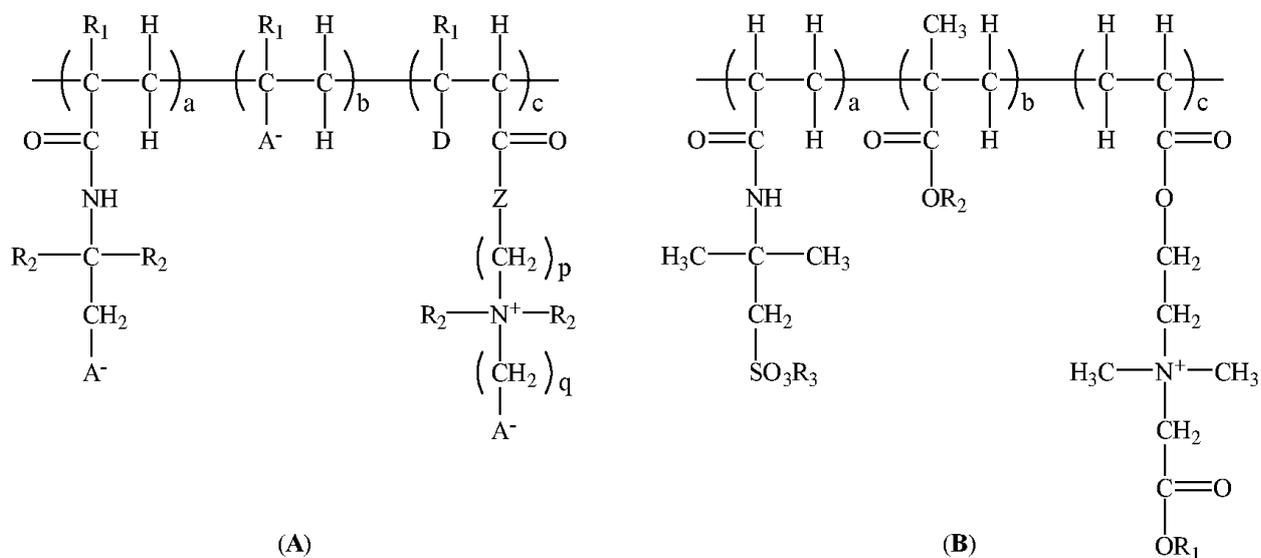
[0009] H. Tokuyama et al., *Reactive & functional polymers*, 70, 610-615, 2010, and K. Mizoguchi et al., *Separation and purification technology* 75, 69-75 2010 divulgan sistemas poliméricos termosensibles diferentes que son capaces de absorber iones de metal pesado, como  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pd}^{2+}$  y  $\text{Au}^{3+}$ , a temperatura más altas ( $40^\circ - 60^\circ\text{C}$ ) y desorción a temperatura ambiente.

Estos sistemas tienen una temperatura de desorción que es inferior en comparación con la temperatura de adsorción, lo que es desventajoso para muchos procesos, porque en general los iones necesitan ser retirados más frecuentemente de fuentes de agua natural que están más a niveles de temperatura ambiente.

Además, los sistemas sufren un alto grado de adsorción incluso a temperatura de desorción, que no es beneficioso para procesos cíclicos, especialmente cuando las bajas concentraciones de ión necesitan ser quitadas.

[0010] La US 2007/0043189 se refiere a un copolímero anfotérico de la estructura (A), donde  $R_1$  es H o  $\text{CH}_3$   $R_2$  es un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, un grupo alifático cíclico o un grupo de arilo, que tiene 1 a 10 átomos de carbono; D es H o  $\text{COOR}_3$ ,  $R_3$  es un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, un grupo alifático cíclico o un grupo de arilo, que tiene 1 a 10 átomos de carbono o un grupo de sal catiónica; Z es un átomo O o un grupo NH; A es un grupo de  $-\text{COO}$ , un grupo  $-\text{SO}_3$  o una forma de ácido; a, b y c es un número entero de 1 a 5000; y p y q son números enteros de 1 a 10.

Un ejemplo de un copolímero anfotérico (A) es un copolímero PAMD (B), donde PAMD se define como un terpolímero lineal de ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (AMPSA), ácido metacrílico (MMA) y ( $\alpha$ -N,N-dimetil-N-acriloloietil)ammonium etanato (DAAE).



[0011] El copolímero anfotérico (A) se prepara por una reacción donde los tres monómeros se polimerizan para formar dicho terpolímero.

Por ejemplo, el copolímero PAMD (B) se prepara por reacción de monómero DAAE con los monómeros AMPSA y MAA a través de una polimerización de radical libre.

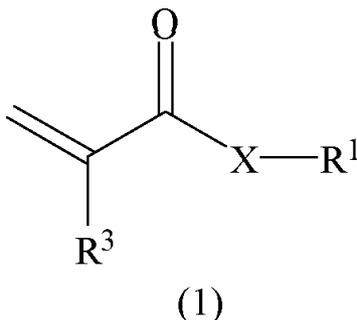
Los copolímeros anfotéricos (A) de acuerdo con la US 2007/0043189 se utilizan para mejorar la fluidez y retención de fluidez de materiales cementantes.

5

Resumen de la invención

[0012] La presente invención se refiere a un sistema polimérico anfotérico obtenible por un proceso que comprende la copolimerización de (i) un monómero según la fórmula (1) y (ii) un monómero catiónico etilénicamente insaturado en presencia de (iii) un (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato:

10



15 donde X es NR<sup>2</sup>, R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> son independientemente seleccionados del grupo que consiste en hidrógeno y grupos alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> o donde R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> forma juntos una cadena (CR<sup>1</sup>R<sup>2</sup>)<sub>n</sub>, donde n es 3 a 12 y donde R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>.

[0013] La presente invención se refiere además a un proceso para la preparación de un sistema polimérico anfotérico y su uso en los procesos de separación, en particular, la separación de unas especies cargadas a partir de un sistema acuoso.

20

Descripción de las figuras

25 [0014]

La Figura 1 muestra curvas de temperatura de adsorción de equilibrio para Ca<sup>2+</sup> para gel LX4Q a concentraciones de cloruro de calcio diferentes a una fuerza iónica de 0.01 mol/l.

La Figura 2 muestra isotermas de adsorción de equilibrio a 10°C de Ca<sup>2+</sup> para geles CS-1 y LX4Q a unas fuerzas iónicas de 0.01 mol/l y 0.03 mol/l.

30 La Figura 3 muestra isoterma de adsorción de equilibrio a 10°C de Cu<sup>2+</sup> para gel CS-1 a una fuerza iónica de 0.01 mol/l.

Descripción detallada de la invención

35 [0015] El verbo "comprimir" como se usa en esta descripción y en las reivindicaciones y sus conjugaciones se usan en un sentido no limitativo para significar que los elementos de después de la palabra están incluidos, pero los artículos no mencionados en concreto no se excluyen.

Además, la referencia para un elemento por el artículo indefinido "uno" o "una" no excluye la posibilidad de que más de uno de los elementos esté presente, a menos que el contexto requiera claramente que haya uno y solo uno de los elementos.

40

El artículo indefinido "uno" o "una" así normalmente significa "al menos uno".

[0016] El término "(co)polímero" se entiende que incluye homopolímeros al igual que copolímeros de dos o más monómeros.

45

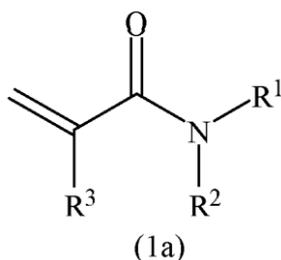
[0017] El término "arilalquilo" incluye grupos de arilalquilo tal como bencilo, pero también grupos de "alquilarilo" tales como p-tolilo.

Sistema polimérico anfotérico

50

[0018] El sistema de polímero anfotérico puede comprender más de un monómero según la fórmula (1).

[0019] Según la presente invención, X es NR<sup>2</sup> que implica que el monómero según la fórmula (1) se representa por la fórmula (1a):



donde  $R^1$ ,  $R^2$  y  $R^3$  son tal como se ha definido anteriormente.

5 [0020] Según la presente invención,  $R^1$  es hidrógeno o un grupo alquilo  $C_1-C_6$ , donde el grupo alquilo puede ser lineal o ramificado y es sustituido opcionalmente.

Los grupos de alquilo adecuados incluyen metilo ( $CH_3$ ), etilo ( $C_2H_5$ ), n-propilo ( $n-C_3H_7$ ), isopropilo o 2-propilo ( $i-C_3H_7$ ), n-butilo ( $n-C_4H_9$ ), 2-butilo ( $s-C_4H_9$ ), 2-metilpropilo ( $i-C_4H_9$ ), 2-metil-2-propilo ( $t-C_4H_9$ ), n-pentilo ( $n-C_5H_{11}$ ), 2-pentilo ( $s-C_5H_{11}$ ), 3-pentilo, 3-metilbutilo o isopentil ( $i-C_5H_{11}$ ), 3-metil-2-butilo, 2-metil-2-butilo, 2,2-dimetilpropil o neopentilo, 1,1-dimetilpropil ( $t-C_5H_{11}$ ), n-hexil ( $n-C_6H_{13}$ ), 2-hexilo ( $s-C_6H_{13}$ ), 4-metilpentilo o isohexilo ( $i-C_5H_{11}$ ) y similar.

Según una forma de realización preferida de la presente invención,  $R^1$  es  $i-C_3H_7$ .

Opcionalmente, cuando  $R^1$  y/o  $R^2$  son un grupo alquilo  $C_1-C_6$ , el grupo alquilo se interrumpe opcionalmente por uno o más heteroátomos, preferiblemente uno a cuatro heteroátomos, donde los heteroátomos son preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en O y N. Por consiguiente,  $R^1$  y  $R^2$  incluyen por ejemplo un grupo según  $-(CH_2)_2-O-(CH_2)_2-O-CH_3$ .

$R^1$  y  $R^2$  puede formar una cadena  $(CR^1R^2)_n$ , donde n es 3 a 12, de modo que  $R^1$ ,  $R^2$  y el átomo de nitrógeno al que estos están unidos forman un grupo cíclico, por ejemplo aziridinilo, pirrolidil y piperidilo.

Según una forma de realización preferida, el grupo cíclico es piperidilo.

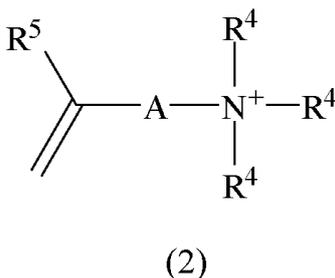
20 [0021] Según la presente invención, se prefiere que  $R^2$  sea hidrógeno.

[0022] Según la presente invención, se prefiere que  $R^3$  sea hidrógeno.

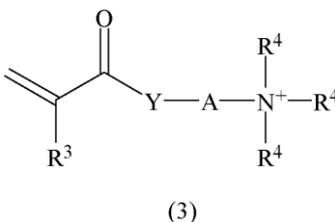
25 [0023] Los monómeros catiónicos etilénicamente insaturados son preferiblemente vinilo, isopropenilo o monómeros de (met)acrilato que comprenden una forma catiónica de un alquilo primario, secundario o terciario o amina de arilo o de un compuesto aromático heterocíclico que contiene nitrógeno.

Preferiblemente, el monómero catiónico etilénicamente insaturado es un monómero de (met)acrilato que comprende una forma catiónica de un alquilo primario, secundario o terciario o amina de arilo o de un compuesto aromático heterocíclico que contiene nitrógeno.

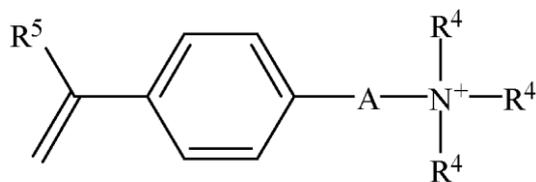
[0024] Más preferiblemente, el monómero catiónico etilénicamente insaturado tiene la fórmula (2):



35 o la fórmula (3):



40 o la fórmula (4):



(4)

donde:

Y es O o NR<sup>5</sup>;

R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>;

R<sup>4</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub> alquilo, C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> arilo y C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub> y arilalquilo;

R<sup>5</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>;

A es una cadena de alquileo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>; y

el monómero catiónico etilénicamente insaturado comprende un contraión Z<sup>-</sup>.

[0025] Preferiblemente, R<sup>3</sup> y R<sup>5</sup> son hidrógeno.

[0026] Cuando R<sup>4</sup> es un grupo alquilo, el grupo alquilo, puede ser lineal, ramificado y/o cíclico y puede opcionalmente ser sustituido.

Los grupos de alquilo adecuados incluyen metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, t-butilo y similar.

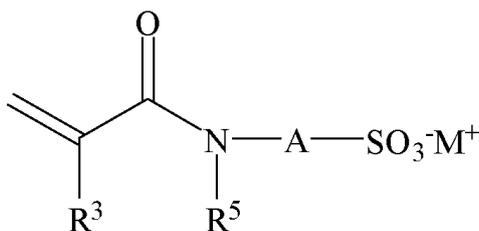
Cuando R<sup>4</sup> es arilo o arilalquilo, el grupo de arilo y el grupo de arilalquilo pueden ser sustituidos.

Según la presente invención, se prefiere que R<sup>4</sup> sea alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, más preferiblemente alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>, de la forma más preferible alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>.

[0027] A es una cadena de alquileo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub> y la cadena de alquileo puede ser lineal o ramificada y puede opcionalmente contener uno o más heteroátomos seleccionados del grupo que consiste en O, N y S. Se prefiere que A sea lineal. En particular, A es una cadena de alquileo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> lineal no sustituida.

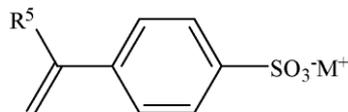
[0028] Según la invención, en el contraión Z<sup>-</sup>, Z es preferiblemente seleccionado del grupo de F, Cl, Br, I y ½ SO<sub>4</sub>.

[0029] Según la presente invención, en el (co)polímero que comprende el monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato, el monómero aniónico etilénicamente insaturado tiene la fórmula (5):



(5)

o la fórmula (6):



(6)

donde:

R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>;

R<sup>5</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>;

A es una cadena de alquileo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>; y

M es un metal del grupo 1 de la tabla periódica de los elementos.

[0030] Preferiblemente, M es Li, Na o K, más preferiblemente Na o K, y de la forma más preferible Na.

[0031] Los grupos preferidos para R<sup>3</sup>, R<sup>5</sup> y A se presentan arriba.

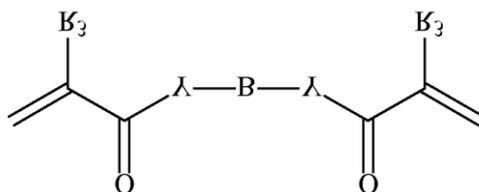
5 [0032] Se prefiere que el (co)polímero que incluye un monómero aniónico insaturado etilénicamente que comprende un grupo de sulfonato sea un homopolímero del monómero según la fórmula (5).

[0033] Según la presente invención, se prefiere que el proceso se realice en presencia de un agente de reticulación.

Preferiblemente, el agente de reticulación tiene la fórmula (7):

10

(Δ)



donde:

15 R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>;

Y es independientemente seleccionado del grupo que consiste en O y NR<sup>5</sup>;

R<sup>5</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>; y

B es independientemente seleccionado del grupo que consiste en -(CR<sup>5</sup>)<sub>m</sub>-, donde m es 1 - 12 y -(CH<sub>2</sub>-CHR<sup>3</sup>-O)<sub>m</sub>, donde m es 1 - 50.

20 [0034] Preferiblemente, Y es NR<sup>5</sup>.

[0035] Los grupos preferidos para R<sup>3</sup> y R<sup>5</sup> se presentan arriba.

[0036] B es preferiblemente un grupo -(CR<sup>5</sup>)<sub>m</sub>-.

25 Se prefiere que m sea 1 - 6, más preferiblemente 1 -4.

[0037] El sistema polimérico anfólitico según la presente invención comprende dominios catiónicos y aniónicos. Aunque no sea explícitamente necesario, el sistema de polímero anfólitico es preferiblemente carga neutral.

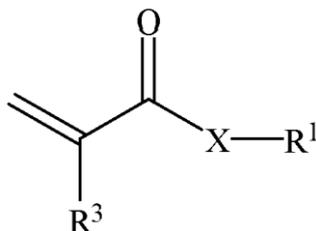
30 [0038] Según la invención, el sistema polimérico anfólitico es preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en redes de interpenetración (IPN), redes de interpenetración (semi-IPN), redes copolimerizadas aleatorias, sistemas poliméricos injertados, micelas poliméricas, cepillos poliméricos fijados a una superficie, mezclas poliméricas o combinaciones de las mismas.

35 Tales sistemas poliméricos en principio se conocen en la técnica y están descritos con más detalle en la WO 2009/028944.

Más preferiblemente, el sistema polimérico anfólitico es un IPN o un semi-IPN.

Proceso para la preparación de un polímero anfólitico

40 [0039] La presente invención por lo tanto también se refiere a un proceso para la preparación de un sistema polimérico anfólitico, donde (i) un monómero según la fórmula (1) y (ii) un monómero catiónico etilénicamente insaturado se copolimerizan en presencia de (iii) un (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato:

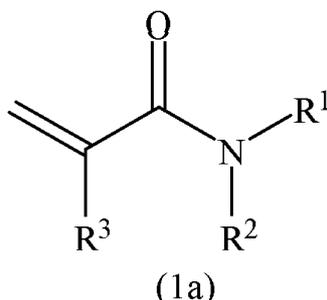


(1)

45

donde R<sup>1</sup> y R<sup>3</sup> son tal como se ha definido anteriormente, mientras X es O o NR<sup>2</sup>.

[0040] Según la presente invención, X es preferiblemente  $\text{NR}^2$  que implica que se prefiere que el monómero según la fórmula (1) se represente por la fórmula (1a):



5

donde  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$  y  $\text{R}^3$  son tal como se ha definido anteriormente.

[0041] El monómero catiónico etilénicamente insaturado tiene preferiblemente la fórmula (2) o la fórmula (3) anteriormente descrita.

10 En el (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato, el monómero aniónico etilénicamente insaturado presenta preferiblemente la fórmula (4) anteriormente descrita.

[0042] Según la presente invención, se prefiere que el proceso se realice en la presencia de (iv) un agente de reticulación.

15

Preferiblemente, el agente de reticulación presenta la fórmula (7) anteriormente descrita.

[0043] Según la presente invención, se prefiere que una mezcla de monómero que comprende aproximadamente 60 mol % a aproximadamente 90 mol % (i), aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % de (ii) y aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % de (iii), basado en la cantidad total de 100 mol % (i); (ii) y (iii) sean copolimerizados.

20

[0044] En una forma de realización de la presente invención, se prefiere que una mezcla que comprende aproximadamente 60 mol % a aproximadamente 90 mol % de monómero (i), aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % de monómero (ii) y una cantidad de (co)polímero (iii) de manera que esta contiene aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % del monómero aniónico, basado en la cantidad total de monómeros de (i); (ii) y (iii), que es 100 % mol, sean copolimerizados.

25

[0045] Si el agente de reticulación (iv) está presente en la mezcla de monómero se prefiere que una mezcla de monómero que comprende aproximadamente 60 mol % a aproximadamente 90 mol % (i), aproximadamente 4.9 mol % a aproximadamente 15 mol % de (ii), aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % de (iii) y aproximadamente 0.1 mol % a aproximadamente 5 mol % de (iv), basado en la cantidad total de 100 mol % (i); (ii), (iii) y (iv) sean copolimerizados.

30

[0046] Así, si el agente de reticulación (iv) está presente en la mezcla de monómero se prefiere que una mezcla que comprende aproximadamente 60 mol % a aproximadamente 90 mol % de monómero (i), aproximadamente 4.9 mol % a aproximadamente 15 mol % de monómero (ii), una cantidad de (co)polímero (iii) de manera que esta contiene aproximadamente 5 mol % a aproximadamente 20 mol % del monómero aniónico y aproximadamente 0.1 mol % a aproximadamente 5 mol % de (iv), basado en la cantidad total de monómeros de (i); (ii), (iii) y (iv), que es 100 % mol sean copolimerizados.

35

40

[0047] Además, se prefiere que el proceso se conduzca en un sistema de solvente acuoso que comprende aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 100 % en peso de agua, preferiblemente aproximadamente 80 % en peso a aproximadamente 100 % en peso de agua. De la forma más preferible, el proceso se conduce en agua.

45

[0048] En otra forma de realización preferida, el proceso se conduce en un solvente orgánico polar aprótico, donde un solvente polar se define como un solvente con una constante dieléctrica (relativa permitividad estática)  $\epsilon$  a 25°C de aproximadamente 7 o más alto, preferiblemente de aproximadamente 15 o más alto, más preferiblemente de aproximadamente 20 o más alto y de la forma más preferible de aproximadamente 25 o más alto.

50

Los ejemplos de un solvente orgánico polar aprótico incluyen dimetilsulfóxido (DMSO), N-metilpirrolidona, (NMP) dimetilformamida (DMF), dimetilacetamida (DMA), hexametiltriámina fosfórica (HMPT), hexametilfosforus triámina, (HMPA) acetonitrilo, tetrahydrofurano (THF), mezclas derivadas o mezclas derivadas con agua.

55

Alternativamente, el proceso se conduce en un solvente orgánico prótico polar, donde polar se define como arriba, tal como por ejemplo N-metilformamida (NMF), en el agua o mezclas de los mismos.

Por consiguiente, el proceso es preferiblemente conducido en un solvente orgánico polar aprótico, un solvente orgánico polar prótico, agua o mezclas derivadas.

5 [0049] En una forma de realización preferida, el proceso se conduce en un sistema de solvente acuoso que comprende agua y uno o más de un solvente orgánico polar aprótico y/o uno o más de un solvente orgánico polar prótico, como se ha definido arriba.  
 Preferiblemente, dicho sistema de solvente acuoso comprende aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 100 % en peso agua, preferiblemente aproximadamente 20 % en peso a aproximadamente 100 % en peso agua, más preferiblemente aproximadamente 50 % en peso a aproximadamente 100 % en peso agua, incluso más preferiblemente aproximadamente 80 % en peso a aproximadamente 100 % en peso de agua.  
 10 En otra forma de realización preferida, el proceso se conduce en agua, en DMSO o en una mezcla de agua y DMSO. Cuando el proceso se conduzca en una mezcla de agua y DMSO, se prefiere que la mezcla comprenda aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso de agua, preferiblemente aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 30 % en peso de agua.

15 [0050] Según una forma de realización preferida de la presente invención, el proceso se realiza en una emulsión de agua en aceite, donde la proporción de aceite:agua es preferiblemente entre aproximadamente 2: 1 a aproximadamente 20: 1, más preferiblemente aproximadamente 3: 1 a aproximadamente 15: 1.

20 [0051] Según otra forma de realización preferida de la presente invención, el proceso se realiza en una emulsión solvente en aceite, donde el solvente es un solvente orgánico prótico polar o un solvente orgánico aprótico polar tal como se ha definido anteriormente y donde la proporción aceite: solvente es preferiblemente entre aproximadamente 2: 1 a aproximadamente 20: 1, más preferiblemente aproximadamente 3: 1 a aproximadamente 15: 1. El solvente en la emulsión solvente en aceite puede comprender una mezcla de dos o  
 25 más solventes, por ejemplo DMSO y agua.  
 En una forma de realización preferida, dicha emulsión solvente en aceite es una emulsión de una mezcla de DMSO y agua en aceite.  
 En otra forma de realización preferida, la mezcla de DMSO y agua comprende aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso de agua, preferiblemente aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente  
 30 30 % en peso de agua.

[0052] Según una forma de realización, el proceso se conduce con una concentración de monómero total de aproximadamente 1.0 mol/l a aproximadamente 5.0 mol/l, más preferiblemente aproximadamente 1.5 mol/l a aproximadamente 4.0 mol/l, calculado en las cantidades de monómeros (i); (ii) y (iii).

35 [0053] Según otra forma de realización, el proceso se conduce con una concentración de monómero total de aproximadamente 0.1 mol/l a aproximadamente 1.0 mol/l, más preferiblemente aproximadamente 0.3 mol/l a aproximadamente 0.9 mol/l, calculado en las cantidades de monómeros (i); (ii) y (iii).

40 [0054] Por consiguiente, la presente invención también se refiere a un sistema polimérico anfolítico obtenible por el proceso según la presente invención anteriormente descrito.

#### Proceso de separación

45 [0055] La presente invención también se refiere al uso del sistema polimérico anfolítico según la invención en un proceso de separación, donde el proceso de separación comprende la separación de unas especies cargadas a partir de un sistema acuoso, donde las especies cargadas son preferiblemente un catión, de la forma más preferible un catión metálico.

50 [0056] Según la presente invención, el metal es preferiblemente seleccionado del grupo 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 y 11 de la tabla periódica de los elementos (tabla periódica de los elementos IUPAC, versión 21 de enero de 2011). Más preferiblemente, el metal es seleccionado del grupo de calcio, zinc, cobalto, manganeso, cobre, plomo, oro, níquel, cadmio, estaño y hierro.

55 [0057] En particular, la presente invención se refiere a un proceso para separar unas especies cargadas a partir de un sistema acuoso, donde el proceso comprende los pasos siguientes:  
 (a) un primer sistema acuoso que comprende las especies cargadas se contacta a una primera temperatura con el sistema polimérico anfolítico según la presente invención, donde las especies cargadas se conectan al sistema polimérico anfolítico; y  
 60 (b) el sistema polimérico anfolítico se contacta con un segundo sistema acuoso a una segunda temperatura, donde las especies cargadas se liberan al segundo sistema acuoso, donde la segunda temperatura es más alta que la primera temperatura.

65 [0058] Según la presente invención, los primeros y segundos sistemas acuosos se pueden originar a partir de un único alimento acuoso.

Además, el primer y segundo sistema acuoso pueden ser el mismo sistema acuoso.

Por ejemplo, dentro del campo de la presente invención es un proceso donde un alimento acuoso se proporciona a una máquina de lavado equipada con un medio para reblandecimiento de agua, dicho medio comprende el sistema polimérico anfólitico según la invención, donde en dichos medios una cantidad de agua primero se

somete a la etapa (a), donde después de una gran porción de la cantidad de agua se proporciona a la máquina de lavado y una porción menor se deja en el medio para el reblandecimiento del agua. Después de terminar el proceso de lavado, que en Europa normalmente se realiza a una temperatura en el rango de aproximadamente 30° a aproximadamente 95°C, el agua de lavado se utiliza para calentar la porción menor de la cantidad de agua en los medios para reblandecimiento de agua, por ejemplo vía un intercambiador de calor, de modo que tiene lugar la etapa (b) del proceso según la presente invención.

Sin embargo, el calor podría también ser proporcionado por otras fuentes, por ejemplo por energía solar o por una unidad de calentamiento eléctrica.

[0059] Según la presente invención, la diferencia entre la segunda temperatura y la primera temperatura es entre aproximadamente 1°C a aproximadamente 50°C, preferiblemente menos del aproximadamente 35°C, más preferiblemente aproximadamente 30°C o menos y de la forma más preferible aproximadamente 25°C o menos.

[0060] Además, también se prefiere que la temperatura de regeneración (segunda temperatura) sea inferior a aproximadamente 60°C, más preferiblemente aproximadamente 55°C o menos, aún más preferiblemente aproximadamente 50°C o menos, aún más preferiblemente aproximadamente 45°C o menos, aún más preferiblemente aproximadamente 40°C o menos, aún más preferiblemente aproximadamente 35°C o menos y de la forma más preferible aproximadamente 30°C o menos.

[0061] Según la presente invención, el sistema polimérico anfólitico es eficaz bien porque se puede regenerar a menos de aproximadamente 60°C o debido a que la diferencia de temperatura entre la segunda temperatura y la primera temperatura es inferior a aproximadamente 35°C. Preferiblemente, se emplea un sistema polimérico anfólitico que cumple con ambos requisitos, es decir, que se puede regenerar a una temperatura inferior a aproximadamente 60°C y donde la diferencia de temperatura entre la segunda temperatura y la primera temperatura es inferior a aproximadamente 35°C.

[0062] Los sistemas poliméricos anfóliticos según la presente invención son muy útiles en la desmineralización, purificación de agua, procesos de reblandecimiento de corrientes acuosas y columnas de separación cromatográfica.

Los sistemas poliméricos anfóliticos son muy útiles también en las columnas de adsorción debido a su fuerza mecánica y alta tenacidad.

Los sistemas poliméricos anfóliticos pueden ser además empleados sobre un rango de pH amplio, es decir, un pH de aproximadamente 2 a aproximadamente 12.

[0063] Según el proceso según la presente invención, la diferencia entre la segunda temperatura y la primera temperatura es preferiblemente entre 1° - 50°C, más preferiblemente 2°C - 20°C, siempre que la segunda temperatura sea inferior a 60°C. Alternativamente, se prefiere que la primera temperatura sea entre 0° y 100°C, más preferiblemente entre 2°C a 50°C, siempre que la diferencia de temperatura entre la segunda temperatura y la primera temperatura sea inferior a 35°C. Mas preferiblemente, el sistema polimérico anfólitico según la presente invención cumple ambos requisitos, es decir, que la diferencia entre la segunda temperatura y la primera temperatura sea preferiblemente entre 1° - 50°C, más preferiblemente 2°C a 20°C, siempre que la segunda temperatura sea inferior a 60°C y que la primera temperatura sea entre 0° y 100°C, más preferiblemente entre 2°C a 50°C, siempre que la diferencia de temperatura entre la segunda temperatura y la primera temperatura sea inferior a 35°C.

[0064] El proceso para la separación de las especies cargadas de sistemas acuosos según la presente invención puede preferiblemente ser realizado en un cierto sentido reversible.

Es decir, que el proceso según la presente invención puede comprender más de una secuencia de pasos (a) y (b), por ejemplo una secuencia de tres pasos consecutivos (a) y (b).

## Ejemplos

### Ejemplo 1

Procedimientos generales

[0065] Las abreviaturas usadas en los ejemplos son de la siguiente manera:

- NIPAAm: Acrilamida de N-isopropilo.
- P(AAmPSS): poli(2-acrilamido-2-metil-1-propanesulfónico ácido).
- El AAmPTM.Cl: cloruro de 3-acrilamidopropilo trimetil amonio.

- El NPAM: Acrilamida N-piperidilo.
- El MBAAm: N, N'-metilenbisacrilamida.
- APS: persulfato de amonio.
- El TMEDA: N,N,N,N'-tetrametiletildiamina.
- El AIBN: azobisisobutironitrilo
- DMSO: dimetilsulfóxido
- NMF: N-metilformamida

Síntesis de sistemas de polímero CS-1 y LX4Q por polimerización en masa

[0066] Los sistemas poliméricos fueron preparados por copolimerización de radical libre usando APS/TMEDA como iniciador de redox.

Los productos químicos (con la excepción de APS+TMEDA) fueron cubiertos con agua bajo atmósfera argón y la mezcla reactiva fue agitada en un agitador magnético hasta que todos los sólidos fueron disueltos.

APS+TMEDA fueron luego añadidos para iniciar la polimerización y después de 1 minuto, la barra de agitación magnética fue quitada de la mezcla homogénea, que se dejó durante horas para polimerización lenta.

El sistema polimérico fue retirado del matraz y puesto en agua desionizada durante al menos un día, un periodo durante el cual el agua fue renovada varias veces.

Finalmente el sistema polimérico fue secado en un horno de secado durante 24 horas a 80°C.

Síntesis de sistemas de polímero RD10029-1 y RD10029-6A por polimerización de suspensión

[0067] Todos los monómeros y otros componentes fueron disueltos en agua con el iniciador APS.

Siguiente, la fase acuosa fue escurrida en la fase oleosa de parafina para obtener un agua estable en la emulsión de aceite. Finalmente, TMEDA se añadió para acelerar la reacción.

La mezcla se dejó durante varias horas para acabar la polimerización.

[0068] En la tabla 1, se da la composición de las mezclas polimerizadas.

Tabla 1

Sistema polimérico	CS-1	LX4Q	RD10029-1	RD10029-6A
NIPAAm [mol.eq]	0,8	0,8	0,8	0,8
P(AAmPSS) * [mol.eq]	0,15	0,15	0,15	0,15
AAmPTM.Cl [mol.eq]	0,15	0,15	0,15	0,15
NPAM [mol.eq]	0,2	0,2	0,2	0,2
MBAAm [mol.eq]	0,03	0,03	0,03	0,03
APS [mol.eq]	0,003	0,003	0,005	0,005
TMEDA [mol.eq]	0,003	0,003	0,025	0,025
Total conc. [mol/L]	2,25	0,5	2,0	2,0
Proporción aceite de parafina: agua	-	-	10:1	5:1
*cantidades basadas en monómeros presentes en el polímero				

## Ejemplo 2

[0069] En este ejemplo, se describe la preparación de dos sistemas poliméricos anfóliticos con la misma composición química (cf. Ejemplo 1), pero preparados con una concentración de monómero total diferente. Cf. Tabla 2.

[0070] Los datos muestran que la sintetización de un sistema polimérico a una concentración de monómero total más alta lleva a un sistema más denso (inflamación inferior), que tiene una fuerza/tenacidad mecánica suficientemente alta para considerarla como una partícula sólida.

Este tipo de sistema duro puede utilizarse para llenar una columna de adsorción, donde el sistema 'blando' de fuerza inferior obstruirá una columna (como se conoce de la WO 2009/028944; las preparaciones según el Ejemplo 1 de la WO 2009/028944 fueron realizadas con una concentración de monómero total de aproximadamente 0.55 a aproximadamente 0.95 mol/l).

La proporción de inflamación se define como la proporción entre el hinchado completo y el sistema polimérico seco.

Tabla 2

	Concentración de monómero de total [mol/L]	Proporción de inflamación (20°C) [-]	Material
LX4Q	0.50	11.1	blando
CS-1	2.25	3.3	duro

[0071] Aquí, el factor de eficiencia EF entre dos temperaturas (por ejemplo T= 20 °C y T= 50 °C):

$$EF_{20-50} = \frac{(Ca^{2+}_{red,20} - Ca^{2+}_{red,50})V_o}{100V_{gel,20}}$$

5 con  $Ca^{2+}_{red}$  definido como

$$Ca^{2+}_{red} = 100\% * \frac{[Ca^{2+}]_0 - [Ca^{2+}]_m}{[Ca^{2+}]_0}$$

10 con  $Ca^{2+}_{red}$  como el porcentaje de la concentración de calcio que ha sido reducido en comparación con la concentración total,  $[Ca^{2+}]_0$  como el calcio de concentración total y  $[Ca^{2+}]_m$  como el calcio de concentración medido.  
 $V_o$  como el volumen de líquido total,  $V_{gel}$  como el volumen de gel,  $V_m$  como el volumen líquido fuera del gel.

15 [0072] Para LX4Q, el EF (es decir, el medio EF para el rango de temperatura 10°-20 °C) fue 4.4.  
 Para CS-1, el EF fue 4.3.

A consecuencia, realizando la preparación a una concentración de monómero total más alta no afecta al rendimiento.

20 **Ejemplo 3**

[0073] En este ejemplo, se describen los rendimientos de dos sistemas poliméricos con una composición química similar (cf. Ejemplo 1) pero sintetizados utilizando métodos diferentes, es decir, la polimerización en agua y polimerización de suspensión de gotitas de solución de monómero/polímero en una fase de aceite continua. Cf. Tabla 3.

Tabla 3

	método de síntesis	proporción inflamación 20°C [-]	aceite:agua
CS-1	volumen	3,3	-*
RD10029-1	suspensión	3,8	10:1
RD10029-6A	suspensión	3,6	5:1
* solo agua			

25 [0074] Los datos de la tabla 4 (factor de eficiencia EF) muestran que el rendimiento de adsorción de los sistemas poliméricos aumenta fuertemente cuando estos se realizan por polimerización de suspensión.  
 Adicionalmente, muestra que el rendimiento es sensible a la elección de la proporción aceite (de parafina): agua.

30 Tabla 4

gel	EF [-]
CS-1	4.4
RD10029-1	8.0
RD10029-6A	11.3

35 **Ejemplo 4**

Determinación de isoterma de adsorción de cobre (II)

[0075] Para la construcción de las isotermas de adsorción de cobre (II), muestras de aproximadamente 250 mg de hidrogel seco CS-1 (cf. ejemplos 1 y 2) se pusieron en 25 ml soluciones de diferentes concentraciones  $CuCl_2$  ( $1 \cdot 10^{-4}$  mol/l,  $5 \cdot 10^{-4}$  mol/l,  $1,5 \cdot 10^{-3}$  mol/l y  $3,3 \cdot 10^{-3}$  mol/l) ajustadas a fuerza iónica 0,01 mol/l con NaCl.

Las soluciones se mantienen en la temperatura de unión durante dos días para equilibrarse.

Después, se tomaron muestras y el cobre (II) se analizó por titulación colorimétrica con EDTA. Adicionalmente, la inflamación de los geles fue medida pesando los geles en una balanza.

Las isotermas fueron determinadas a dos temperaturas, es decir, 10° y 40 °C.

45

$$Cu_{ads,dry} = \frac{([Cu^{2+}]_0 - [Cu^{2+}]_m) * V_0 - [Cu^{2+}]_m V_{gel}}{m_{gel,dry}}$$

con  $Cu_{ads,dry}$  como la cantidad adsorbida de cobre(II) por gramo de gel en seco, con  $[Cu^{2+}]_0$  como el calcio de concentración total y  $[Cu^{2+}]_m$  como el calcio de concentración medido,  $V_0$  como el volumen total,  $V_{gel}$  como el volumen de gel hinchado y  $m_{gel,dry}$  como la masa de gel seco.

[0076] Las isotermas de adsorción a dos temperaturas se muestran en la figura 3. Esta muestra claramente que hay adsorción inferior a una temperatura más alta de 40 °C, lo que muestra que el hidrogel CS-1 tiene una afinidad inferior para iones de cobre (II) a una temperatura sobre el LCST del hidrogel.

### Ejemplo 5

[0077] En la tabla 2, se da la composición de las mezclas polimerizadas.

Tabla 2

Sistema polimérico	DM-3	NMF-2	DM-6
NIPAAm [mol.eq]	0,8	0,8	0,9
P(AAmPSS) * [mol.eq]	0,05	0,05	0,05 <sup>+</sup>
AAmPTM.Cl [mol.eq]	0,05	0,05	0,05
NPAM [mol.eq]	0,2	0,2	0,1
MBAAm [mol.eq]	0,03	0,03	0,03
APS [mol.eq]	-	0,003	-
TMEDA [mol.eq]	-	0,003	-
AIBN [mol.eq]	0,003	-	0,003
Total conc.[mol/L]	1,8	3,0	4,1
NMF #	-	100 % en peso	-
DMSO #	80 % en peso	-	100 % en peso
agua #	20 % en peso	-	-
*Cantidades basadas en monómeros presentes en el polímero # porcentajes de peso basados en cantidad de solvente total + polímero usado en forma ácida			

Síntesis de sistema de polímero DM-3 en DMSO/agua por polimerización en masa

[0078] El sistema polimérico se preparó por copolimerización de radical libre usando AIBN como iniciador redox. Los productos químicos (con la excepción de AIBN) se cubrieron con agua/DMSO bajo atmósfera de argón y la mezcla de reacción fue agitada en un agitador magnético hasta que se disolvieron todos los sólidos. Luego el AIBN se añadió para iniciar la polimerización y después 1 minuto, la barra de agitación magnética fue quitada de la mezcla homogénea, que se dejó durante horas para polimerización lenta a 60 °C. El sistema polimérico se retiró del matraz y se puso en agua desionizada durante al menos un día, un periodo durante el que el agua fue renovado varias veces. Finalmente, el sistema polimérico fue secado en un horno de secado durante 24 horas a 80°C.

### Ejemplo 6

Síntesis de sistema de polímero NMF-2 en NMF por polimerización en masa

[0079] El sistema polimérico se preparó por copolimerización de radical libre usando APS+TMEDA como iniciador de redox. Los productos químicos (con la excepción de APS+TMEDA) fueron cubiertos bajo atmósfera de argón NMF y la mezcla de reacción fue agitada en un agitador magnético hasta que todos los sólidos se disolvieron. Luego, se añadió APS+TMEDA para iniciar la polimerización y después de 1 minuto, la barra de agitación magnética fue retirada de la mezcla homogénea, que se dejó durante horas para polimerización lenta. El sistema polimérico fue retirado del matraz y se puso en agua desionizada durante al menos un día, un periodo durante el que el agua fue renovada varias veces. Finalmente el sistema polimérico fue secado en un horno de secado durante 24 horas a 80°C.

### Ejemplo 7

Síntesis de sistema de polímero DM-6 en DMSO por polimerización en masa

## ES 2 656 950 T3

[0080] El sistema polimérico se preparó por copolimerización de radical libre usando AIBN como iniciador de redox.

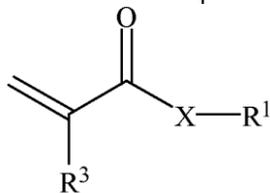
Los productos químicos (con la excepción de AIBN) se cubrieron con DMSO bajo atmósfera de argón y la mezcla reactiva se agitó en un agitador magnético hasta que todos los sólidos se disolvieron.

5 Luego el AIBN se añadió para iniciar la polimerización y después de 1 minuto, la barra de agitación magnética se retiró de la mezcla homogénea, que se dejó durante horas para polimerización lenta a 60 °C. El sistema polimérico se retiró del matraz y se puso en el agua desionizada durante al menos un día, un periodo durante el que el agua se renovó varias veces.

10 Finalmente el sistema polimérico se secó en un horno de secado durante 24 horas a 80°C.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema polimérico anfólitico obtenible por un proceso que comprende la copolimerización de (i) un monómero según la fórmula (1) y (ii) un monómero catiónico etilénicamente insaturado en presencia de (iii) un (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato:

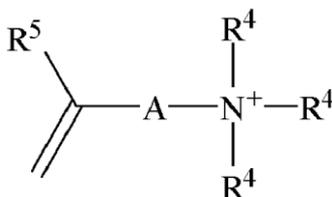


(1)

donde X es NR<sup>2</sup>, R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> son independientemente seleccionados del grupo que consiste en hidrógeno y grupos alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> o donde R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> forman juntos una cadena (CR<sup>1</sup>R<sup>2</sup>)<sub>n</sub>, donde n es 3 a 12 y donde R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>.

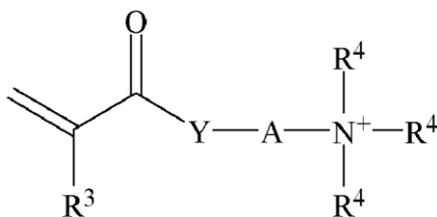
2. Sistema polimérico anfólitico, según la reivindicación 1, donde R<sup>2</sup> es hidrógeno y R<sup>1</sup> es i-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>.

3. Sistema polimérico anfólitico, según la reivindicación 1 o 2, donde el monómero catiónico etilénicamente insaturado tiene la fórmula (2):



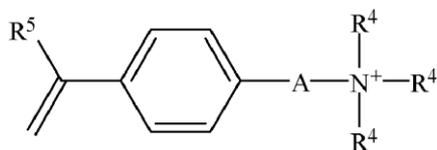
(2)

o la fórmula (3):



(3)

o la fórmula (4):

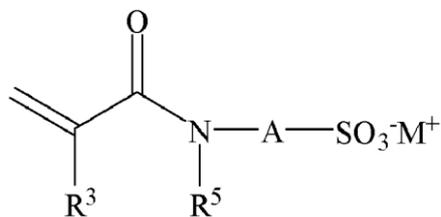


(4)

donde:

- Y es O o NR<sup>5</sup>;  
 R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>;  
 R<sup>4</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno, alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> y C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub> y arilalquilo;  
 R<sup>5</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>;  
 A es una cadena de alquileno C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>; y  
 el monómero catiónico etilénicamente insaturado comprende un contraión X<sup>-</sup>.

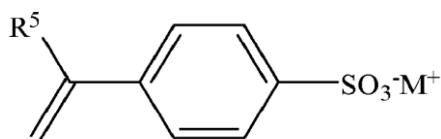
4. Sistema polimérico anfólitico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, donde el monómero aniónico insaturado etilénicamente tiene la fórmula (5):



(5)

5

o la fórmula (6):



(6)

10

donde:

$R^3$  es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y  $CH_3$ ;

$R^5$  es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo  $C_1-C_6$ ;

A es una cadena de alquileo  $C_1-C_{12}$ ; y

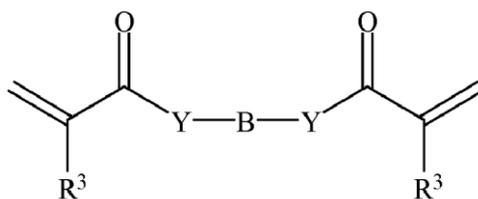
M es un metal del grupo 1 de la tabla periódica de los elementos.

15

5. Sistema polimérico anfólitico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, donde el proceso se realiza en la presencia de un agente de reticulación.

6. Sistema polimérico anfólitico, según la reivindicación 5, donde el agente de reticulación presenta la fórmula (7):

20



(7)

25 donde:

$R^3$  es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y  $CH_3$ ;

Y es independientemente seleccionado del grupo que consiste en O y  $NR^5$ ;

$R^5$  es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y alquilo  $C_1-C_6$ ; y

B es independientemente seleccionado del grupo que consiste en  $-(CR^5_2)_m-$ , donde m es 1 - 12 y  $-(CH_2-CHR^3-O)_m-$ , donde m es 1 - 50.

30

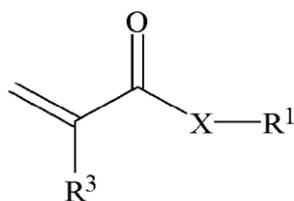
7. Sistema polimérico anfólitico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, donde el proceso se realiza en una emulsión de agua en aceite.

8. Sistema polimérico anfólitico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, donde el proceso comprende la copolimerización de (i) más de un tipo de monómero según la fórmula (1) y (ii) el monómero catiónico etilénicamente insaturado en presencia del (iii) (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato.

35

9. Proceso para la preparación de un sistema polimérico anfólitico, donde (i) un monómero según la fórmula (1) y (ii) un monómero catiónico etilénicamente insaturado se copolimerizan en presencia de (iii) un (co)polímero que incluye un monómero aniónico etilénicamente insaturado que comprende un grupo de sulfonato:

40



donde X es O o NR<sup>2</sup>, R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> son independientemente seleccionados del grupo que consiste en hidrógeno y grupos alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> o donde R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> forman juntos una cadena (CR<sup>1</sup>R<sup>2</sup>)<sub>n</sub>, donde n es 3 a 12, y donde R<sup>3</sup> es independientemente seleccionado del grupo que consiste en hidrógeno y CH<sub>3</sub>.

10. Proceso, según la reivindicación 9, donde el proceso se conduce en una emulsión solvente en aceite.

11. Proceso, según la reivindicación 10, donde la proporción aceite: solvente es entre 2: 1 a 20: 1.

12. Proceso, según la reivindicación 10 o 11, donde el proceso se realiza en presencia de un agente de reticulación.

13. Proceso para la separación de una especie cargada de un sistema acuoso, donde el proceso comprende los pasos siguientes:

(a) un primer sistema acuoso que comprende la especie cargada se conecta a una primera temperatura con un sistema polimérico anfófilo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, donde la especie cargada se conecta al sistema polimérico anfófilo; y

(b) el sistema polimérico anfófilo se conecta a un segundo sistema acuoso a una segunda temperatura, donde la especie cargada se libera al segundo sistema acuoso, donde la segunda temperatura es superior a la primera temperatura.

14. Proceso según la reivindicación 13, donde la diferencia entre la segunda temperatura y la primera temperatura es entre 1°C a 50°C.

15. Uso de un sistema polimérico anfófilo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, en un proceso de separación, donde el proceso de separación comprende la separación de una especie cargada a partir de una solución acuosa.

Fig 1

