

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 214**

51 Int. Cl.:
C01D 3/08 (2006.01)
C01D 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02726249 .2**
96 Fecha de presentación: **06.05.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1404614**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2004**

54 Título: **Agentes retardantes para la preparación de salmuera purificada**

30 Prioridad:
19.06.2001 EP 01202339

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2012

73 Titular/es:
**AKZO NOBEL N.V. (100.0%)
VELPERWEG 76
6824 BM ARNHEM, NL**

72 Inventor/es:
**MAYER, MATEO, JOZEF, JACQUES y
DEMMEER, RENÉ, LODEWIJK, MARIA**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 390 214 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

Agentes retardantes para la preparación de salmuera purificada.

La presente invención se refiere a un proceso de producción de salmuera de alta pureza según la reivindicación 1.

5 Mucha de la sal de hoy (esencialmente NaCl) se produce por medio de procesos de evaporación donde la sal se cristaliza desde la salmuera. El uso de salmuera de alta pureza tiene varias ventajas en dichos procesos.

10 Dicha salmuera se obtiene típicamente por minería de disolución de yacimientos de halita. La halita, principalmente originada por sedimentación marina, contiene metales alcalinotérreos (como Ca, Mg y Sr) y sales potásicas como las impurezas mas importantes. El sulfato, el cloruro y el bromuro son los típicos contraiones. Juntos con el ión sulfato, el calcio estará presente como el CaSO_4 bastante insoluble (anhidrita) y/o como la polihalita ($\text{K}_2\text{Mg}_2\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

15 La cantidad total de calcio y sulfato en los yacimientos de halita depende del yacimiento en si, pero, por ejemplo, puede variar también con la profundidad a la que la sal se extrae. El calcio típicamente esta presente en una cantidad de 0,5 a 6 gramos por kilogramo y el sulfato de 0,5 a 16 gramos por kilogramo. La minería de disolución es una técnica donde sales bien solubles pueden ser extraídas en especiales lugares de los yacimientos. La ventaja de este método es que las impurezas poco solubles, como la anhidrita (CaSO_4) y el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), permanecerán parcialmente en la mina mientras es explotada. La salmuera resultante, de todas formas, puede estar saturada con estas impurezas no deseadas. Sin ningún tratamiento las impurezas alcalino (térreas) en la salmuera cruda, obtenida de cualquiera de las fuentes mencionadas, causarán severas incrustaciones en los tubos de calentamiento de un cristalizador al vacío de NaCl. En varios ocasiones el sulfato cálcico difícil de eliminar bloqueará los tubos y frustrará la transferencia de calor. Entre otras, una contaminación de la sal resultante y una pobre eficiencia energética del proceso serán las consecuencias.

25 La salmuera de alta pureza es también de interés para procesos donde las soluciones de sal son usadas como material crudo, como en la industria de transformación química, p. ej. la industria del cloro y cloratos. Especialmente la conversión de tecnologías de diafragma y mercurio a tecnologías de membrana más medioambientalmente aceptables activó la demanda por salmuera de alta pureza. La salmuera para usar en estos procesos se obtiene típicamente por disolución de una fuente de sal, que puede ser halita, sal de procesos de evaporación como se ha descrito anteriormente, y/o sal solar, incluida de lagos o mares de sal. Se observa que la sal del mar contiene típicamente menos de 0,5 g/l de CaSO_4 debido al hecho de que el CaSO_4 se presenta típicamente en la forma de yeso con una solubilidad limitada.

30 El uso de salmuera de alta pureza fue encontrado de interés por esta industria porque permite una mejor eficiencia energética así como la formación de menos residuos. También los productos resultantes de la industria de transformación química pueden ser de una mayor calidad si se usa para hacerlos una salmuera con alta pureza.

35 Por consiguiente, se han hecho muchos intentos para mejorar la calidad de la salmuera. Una primera solución fue usar sal de alta pureza, la cual era disuelta para hacer tal salmuera. Esta sal de alta pureza puede ser obtenida evitando la cristalización del sulfato de calcio en los procesos de producción de sal añadiendo semillas específicas o aplicando un inhibidor de incrustación. La patente de EE. UU. Nº 3.155.458, por ejemplo, expone como añadir fosfato de almidón a la salmuera en los procesos de cristalización por evaporación. Se dice que el fosfato de almidón mejora la solubilidad del CaSO_4 , y así previene las incrustaciones y permite la producción de sal de alta pureza y bajo contenido de CaSO_4 .

40 Sin embargo, este proceso requiere la purga indeseada de una corriente rica en CaSO_4 del proceso de cristalización, y también requiere que la salmuera esté esencialmente libre de bicarbonato.

Otra solución es eliminar impurezas de la salmuera cruda por tratamiento químico de dicha salmuera. Un ejemplo de dicho tratamiento se da en el documento DE-115677 de hace más de 100 años, donde se usa cal hidratada para precipitar hidróxido de magnesio y yeso de la salmuera cruda.

45 Además de, o en lugar de, estos métodos, se han hecho intentos también para incrementar la pureza de la salmuera mediante la reducción de la cantidad de impurezas, como las mencionadas anteriormente anhidrita, yeso, y polihalita (y/o sus análogos de estroncio), que se disuelven en dicha salmuera. Esto se hace típicamente añadiendo ciertos agentes al agua que se usa en el proceso, o mediante la mezcla de dichos agentes con la fuente de sal antes de añadir al agua (especialmente para disolventes de sal solar). De aquí en adelante, estos agentes serán llamados "agentes retardantes".

50 En el documento de la República Democrática Alemana Nº 115341 expone que la salmuera, particularmente para su uso en procesos de fabricación de carbonato de sodio, con una reducción de la cantidad de CaSO_4 y de MgSO_4 puede ser obtenida añadiendo sulfonato de lignina de calcio al agua que se usa para producir la solución de salmuera. La adición de sulfonato de lignina de calcio bajará supuestamente la solubilidad del CaSO_4 y del MgSO_4 .

El documento de EE.UU. N° 2.906.599 revela el uso de un grupo de fosfatos, denominados "polifosfatos", incluidos los hexametrafosfatos, para reducir la velocidad de disolución del sulfato de calcio (anhidrita), dando lugar a salmuera con iones de calcio y sulfato reducidos. A bajas concentraciones (p.ej. por encima de 50 ppm en la salmuera) se encontró que los hexametrafosfatos son los agentes más efectivos, siendo el hexametrafosfato de sodio el agente retardante preferido.

Actualmente, otro tipo de agente retardante está siendo comercializado por Jamestown Chemical Company Inc. bajo el nombre de SSI® 200 (Inhibidor de Solubilidad de Sulfato). Según la ficha de datos de seguridad del material este contiene ácido dodecibenceno sulfónico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico.

Sorprendentemente, se ha encontrado que el uso de una combinación específica de compuestos da como resultado una reducción del nivel de contaminantes, particularmente de sulfato de calcio, en la salmuera obtenida mediante la disolución de una fuente de sal, cuando se compara la salmuera obtenida cuando se utilizan agentes retardantes convencionales. Se observó que la particularidad mencionada se mantiene cuando la fuente de sal está contaminada con anhidrita, yeso, polihalita, los equivalentes que contienen estroncio de estos compuestos y/o minerales de la arcilla.

Por consiguiente, la invención se refiere a un proceso para fabricar salmuera, mediante la disolución de una fuente de sal que está contaminada con una fuente acuosa de sulfatos de metales alcalinotérreos, donde se usa una cantidad efectiva de una combinación de al menos un agente retardante de bajo y otro de alto peso molecular para reducir la cantidad de sulfato de metal alcalinotérreo disuelto en dicha salmuera. Preferiblemente, la combinación de dos o más compuestos es sinérgica en la reducción del sulfato de metal alcalinotérreo disuelto. Preferiblemente, los agentes retardantes tienen al menos un grupo polar y al menos un segmento apolar en la molécula.

Se encontró que dicha salmuera de alta pureza así obtenida puede ser usada sin ninguna purificación posterior en la cristalización de sal por evaporación y en la industria de transformación química. Sin embargo, si se desea, la salmuera puede ser purificada posteriormente mediante tratamiento químico convencional. También, el uso de inhibidores de incrustación y/o semillas específicas en la técnica de cristalización por evaporación, para prevenir la precipitación del CaSO_4 , no será requerido. Sin embargo, si se desea, se pueden usar los inhibidores de incrustación y/o las semillas específicas en combinación con la salmuera de alta pureza del presente proceso, que opcionalmente se purifica posteriormente por tratamiento químico.

Además, se encontró que el uso de agentes retardantes según esta invención dio como resultado sistemas que muestran muy poca formación de espuma, una desventaja que se observa a menudo en sistemas convencionales que comprenden sulfonatos y similares.

En una realización preferida, la invención se refiere a un proceso de fabricación de una salmuera de alta pureza desde una fuente de sal donde está presente anhidrita y/o polihalita.

Se observa que el término "sal" como se usa a través de este documento se entiende para denominar todas las sales que tiene más de un 25% en peso de NaCl. Preferiblemente, dichas sales contienen más del 50% en peso de NaCl. Más preferiblemente, la sal contiene más del 75% en peso de NaCl, mientras que lo que más se prefiere es una sal que contenga más del 90% en peso en NaCl. La sal puede ser sal solar (sal obtenida de la evaporación del agua de la salmuera usando el calor solar), halita, y/o depósitos subterráneos de sal. Preferiblemente un depósito subterráneo de sal que está siendo explotado por medios de minería de disolución. Como las varias fuentes de sal dan sal con distintas composiciones, especialmente respecto a los contaminantes, típicamente se tiene que evaluar el rendimiento de los agentes retardantes para optimizar su efecto.

El rendimiento de la combinación de compuestos como agentes retardantes, y si son o no sinérgicos, se determina fácil y rápidamente usando el siguiente método de ensayo en disolución. La fuente de sal se aplasta de manera que se obtengan partículas de 0,1 a 0,5 cm. Se prepara una nueva solución madre de unos 1000 mg/l de compuesto(s) de agentes retardantes y se añade la cantidad deseada de esta solución madre (la cantidad ha de ser evaluada) a un vaso de precipitados de cristal de 1 litro lleno con una cantidad de agua desmineralizada de tal forma que la cantidad total después de añadir la solución madre sea 660 ml. Un experimento en blanco, donde no se usan compuestos retardantes, se realiza simultáneamente. El vaso de precipitados de cristal se agita con una barra de agitación magnética, revestida de Teflón, con un diseño alargado circular y un tamaño de 50x9 mm (como el obtenible en el catálogo Aldrich N° Z28.392-4) a 200 rpm y termostataado a 20°C. A esta solución, se añaden 300 g de la muestra de núcleo aplastado y la mezcla se agita continuamente a 200 rpm. Después de 1 hora, se toman muestras de la salmuera. Para este fin, el agitador magnético se para y se toma una cantidad deseada de muestra de salmuera y se filtra en un filtro de 0,2 micras. Seguidamente, la muestra de salmuera filtrada se analiza en la cantidad disuelta de iones de Ca, Mg, K, Sr y/o SO_4 .

Para ensayar el rendimiento a largo plazo de los agentes retardantes, el ensayo puede continuar varios días, preferiblemente más de 5 días. Para prevenir la erosión de la fuente de sal, la mezcla no se agita en este periodo, y se toman muestras una vez al día. Antes de tomar muestras, la mezcla se agita a mano durante un minuto, usando una varilla de cristal de 4 mm de grosor, de modo que la fase acuosa sea homogénea.

El rendimiento del agente retardante se define como el porcentaje que se reduce la concentración de iones en comparación con la muestra en blanco.

5 El rendimiento es preferiblemente de tal manera que se observa un retardo en la disolución (en meq/l) de uno o más de los iones metales alcalinos, alcalinotérreos y/o iones de sulfatos de mas de 20%, preferiblemente mas de 30, más preferiblemente más de 40%, incluso más preferiblemente más de 50%, y mucho más preferiblemente mas del 70%, comparado con el blanco. Si el rendimiento a largo plazo (después de 5 días) es insuficiente, preferiblemente el compuesto retardante con el mayor peso molecular se incrementara en concentración y/o se aumentará su peso molecular. Si el retardo después de un día es menor de lo deseado, entonces preferiblemente se incrementará la cantidad de compuesto de bajo peso molecular.

10 La cantidad de agentes retardantes que se usa depende de la calidad de la fuente de sal, la calidad del agua para producir salmuera, y el tipo de agentes usados. Generalmente, la cantidad para cada agente retardante será menor que 0,1%, preferiblemente menor que 0,05%, más preferiblemente menor que 0,02% en peso de agua, mientras que es más preferible una concentración menor que un 0,01% por cada compuesto. Dependiendo de las circunstancias se usa mas o menos de cada compuesto retardante. Preferiblemente, la relación de peso entre los agentes retardantes de bajo y alto peso molecular es desde 100:1 a 1:100. Mas preferiblemente la relación de peso entre los agentes retardantes de bajo y alto peso molecular es desde 20:1 a 1:20.

Aunque los inventores no desean limitarse a la siguiente teoría, se cree que las propiedades sinérgicas excelentes y preferibles de la combinación de compuestos se debe a:

- 20 i) un rápido recubrimiento de la superficie de la fuente de metal alcalinotérreo por el compuesto con el menor peso molecular,
- ii) una cobertura mas rápida de la superficie de la fuente de calcio del paso i) mediante el agente retardante con el mayor peso molecular (comparado con la velocidad de recubrimiento de una fuente de metal alcalinotérreo sin cubrir),
- iii) una desorción relativamente rápida del agente retardante con el menor peso molecular, y
- 25 iv) apenas desorción del agente retardante de mayor peso molecular, y
- v) interacción del agente retardante de bajo peso molecular con el/los segmento(s) apolar(es) del agente retardante de alto peso molecular.

30 Aun cuando la combinación de agentes retardantes no está optimizada, se prefiere usar un compuesto de bajo peso molecular con un peso molecular menor de 1000, más preferiblemente menor de 800, incluso más preferiblemente menor de 600, incluso más preferiblemente menor de 500, y más preferiblemente menor de 400 Daltons, en combinación con un agente retardante que tenga un peso molecular mayor que el del compuesto de bajo peso molecular, preferiblemente con un peso molecular menor de al menos 500, más preferiblemente de al menos 600, incluso más preferiblemente más de 800, incluso más preferiblemente más de 1000, y lo más preferiblemente mas de 1250 Daltons. Dependiendo de la estructura del agente retardante de alto peso molecular, puede ser de muy alto peso molecular, hasta varios millones de Daltons, con tal de que el producto sea aun así soluble en agua o dispersable en agua, p.ej. a través de la formación de doble capas donde las funciones polares interactúan con el agua. El compuesto retardante de bajo y alto peso molecular puede ser cualquier compuesto que satisfaga el rendimiento de retardo deseado cuando se ensaya como se ha descrito anteriormente. Los compuestos de alto peso molecular apropiados incluyen lignosulfatos, fosfolípidos, fosfolípidos hidrolizados, poliácridatos, así como varios compuestos con cadenas principales de alquilo opcionalmente substituidas, lineales o ramificados, que están funcionalizadas con sulfonato, sulfato, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilo, que incluyen compuestos menos preferidos que son convencionalmente conocidos como floculantes. Se prefiere que dichos compuestos tengan como máximo tres, mas preferiblemente dos, cadenas alquilo apolares por función polar, para conseguir las mejores propiedades retardantes. Preferiblemente el peso molecular del agente retardante de bajo peso molecular es aproximadamente el mismo (+/- 20% en peso) del peso molecular de uno de los segmentos apolares del material de alto peso molecular. Aunque los agentes retardantes pueden comprender dos o más unidades de repetición etoxi- y/o propoxi-, se prefiere menos de 20, preferiblemente menos de 10, más preferiblemente menos de 5 y lo más preferiblemente menos de 3 unidades etoxi- y/o propoxi- presentes por molécula de agente retardante.

50 Aunque se pueden usar varias fuentes y combinaciones de agentes retardantes, se prefiere el uso de agentes retardantes que no son sospechosos medioambientalmente. Más específicamente, se prefiere el uso de agentes retardantes que están presentes en biomembranas (membranas de organismos de origen natural). Típicamente, estos agentes retardantes derivados de biomembranas son muy buenos agentes retardantes de alto peso molecular y son por lo tanto, usados preferiblemente como tales en combinación con un compuesto de menor peso molecular. Debido a su eficiencia como agente retardante (de alto peso molecular), es preferible el uso de fosfolípidos derivados de biomembranas y/o fosfolípido hidrolizado.

Es posible el uso de una mezcla de fosfolípidos que contenga fosfolípidos de bajo y alto peso molecular que actúen como la combinación de compuestos retardantes. Especialmente si dicha mezcla puede ser derivada de una fuente natural en un solo paso, esas mezclas pueden ser preferidas.

5 En una realización más preferida, el agente retardante de alto peso molecular es un fosfolípido de alto peso molecular que se obtiene de células de levadura, particularmente de células de levadura de panadería. Dichas células de levadura pueden ser cultivadas in situ. Si los niveles bajos de azúcar o de otro sustrato en la salmuera son aceptables se puede añadir una pequeña cantidad de levadura y azúcar (o cualquier otro sustrato apropiado para la levadura) a el agua en el cual la sal es disuelta, así la levadura es cultivada justo antes de la disolución de la sal.

- 10 En una realización más preferida, el compuesto de bajo peso molecular se selecciona de un grupo que consiste en:
- sulfonatos de alquilbenceno, donde los grupos alquilo pueden ser lineales o ramificados,
 - fosfatos, preferiblemente polifosfatos, incluidos polifosfatos de metales alcalinos y amoníaco que son solubles en agua,
 - 15 - compuestos etoxilados con uno o más sulfitos, sulfonatos, sulfato, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilo, y/o
 - grupos alquilo de C₂-C₄₀, preferiblemente grupos alquilo de C₂-C₂₀, con uno o más sulfito, sulfonato, sulfatos, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilos, como ácidos poliacrílicos.

20 El termino polifosfato incluye metafosfatos, como el hexametafosfato (Na₃PO₃)₆, tripolifosfatos (Na₅P₃O₁₀), tetrafosfatos (Na₆P₄O₁₃), pirofosfatos, como el Na₄P₂O₇ y el Na₂H₂P₂O₇, así como varios otros fosfatos complejos que son típicamente derivados de compuestos de ácido ortofosfórico por deshidratación molecular, y mezclas de dos o más de estos fosfatos.

25 Se observa que el rendimiento del agente retardante (mezclas) puede ser influenciado negativamente por la presencia de impurezas como biomaterial y/o minerales de arcilla en el agua del proceso que se usa para disolver la sal y/o por la presencia de tales impurezas en los depósitos de sal. Este problema se cree que se origina por la adsorción del (parte del) agente retardante (mezcla) en la superficie de esta impureza de biomateriales y/o de los minerales de la arcilla. Es evidente que eliminando las impurezas del agua se puede resolver el problema mediante filtración o mediante separación sólido a sólido desde la sal antes de disolver la sal. De todos formas, se observa que es también posible añadir un componente a la mezcla de agente retardante que se adsorbe específicamente en las impurezas del biomaterial y/o de los minerales de la arcilla. De este modo, se puede prevenir la adsorción del

30 agente retardante en estas impurezas y así incrementar el rendimiento del agente retardante (mezcla).

Experimental

Agentes retardantes de bajo peso molecular:

- SDBS (dodecil benceno sulfonato de sodio) = Marlon® ARL vendida por Condea Chemie
- Na-pirofosfato = pirofosfato de sodio vendido por J.T. Baker

35 Agentes retardantes de alto peso molecular:

- Na-lignosulfato = Darvan® 2 vendido por Vanderbilt
- Levadura DSM = levadura de panadería inactiva seca vendida por DSM
- Levadura de panadería = levadura activa como las usadas en panadería = un agente retardante de alto peso molecular.

40 Ejemplos 1-3 y Ejemplos Comparativos A-C

Un núcleo de la mina de sal de Akzo Nobel en Stade, Alemania, fue sometida al método de ensayo en disolución mencionado antes mientras varios agentes retardantes eran evaluados. La cantidad de Ca y SO₄ (meq/l) disuelta tras 1 y 4 días fue determinada y el rendimiento (rend.) promedio calculado. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

ES 2 390 214 T3

Ejemplo	Agente retardante usado	Ca	SO ₄	rend.	Ca	SO ₄	rend.
		después de un día			después de cuatro días		
A	Ninguno	41	41	n.r.	51	51	n.r.
B	Levadura de panadería (30ppm)	36	36	12%	46	46	10%
C	Levadura de panadería (30ppm) + Na-lignosulfato (30ppm)	37	38	9%	45	46	11%
1	Levadura de panadería (30ppm) + SDBS (30ppm)	19	19	54%	22	22	57%
2	Na-lignosulfato (30ppm) + SDBS (30ppm)	27	27	34%	30	31	40%
3	Levadura de panadería (30ppm) + Na-pirofosfato (30ppm)	23	23	44%	29	30	42%

n.r. = no relevante

Similarmente, un núcleo de una mina de sal de Akzo Nobel en Delfzijl fue evaluado, con los resultados siguientes:

Ejemplo	Agente retardante usado	Ca	SO ₄	rend.	Ca	SO ₄	rend.
		después de dos día			después de cuatro días		
D	Ninguno	28	71	n.r.	39	95	n.r.
E	Levadura de panadería (30ppm)	27	63	9%	29	89	12%
F	Na-lignosulfato (30ppm)	35	75	<0%	38	90	4%
G	SDBS (30ppm)	20	48	31%	32	63	29%
4	Levadura de panadería (30ppm) + SDBS (30ppm)	17	32	51%	20	39	56%

- 5 Claramente, la combinación de agentes retardantes de alto y bajo peso molecular es beneficioso para reducir la cantidad de iones de Ca y SO₄ disueltos. Además, las muestras donde solo esta SDBS muestran más formación de espuma indeseada que las muestras donde se usan los agentes retardantes según la invención.

REIVINDICACIONES

1. Proceso de fabricación de salmuera de alta pureza, donde una fuente de sal que esta contaminada con una fuente de sulfato de metal alcalinotérreo, se disuelve en agua en presencia de una cantidad efectiva de dos o más agentes retardantes para reducir el nivel de dicho sulfato de metal alcalinotérreo en dicha salmuera, particularmente la cantidad de sulfato de calcio, donde dicho nivel se reduce de tal manera que como máximo 80% del sulfato de metal alcalinotérreo se disuelven en comparación a una etapa de disolución en blanco donde no se usa la combinación de agentes retardantes, caracterizado porque se usa al menos un agente retardante de bajo peso molecular que tiene un peso molecular de menos de 800 Daltons y un agente retardante de alto peso molecular que tiene un peso molecular de al menos 1.000 Daltons, donde el agente retardante con el menor peso molecular se selecciona del grupo que consiste en:
- sulfonatos de alquibenceno, donde los grupos alquilo pueden ser lineales o ramificados,
 - fosfatos que son solubles en agua,
 - compuestos etoxilados con uno o más sulfito, sulfonato, sulfato, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilo, y
 - compuestos de alquilo de C₂-C₄₀ con uno o más sulfito, sulfonato, sulfato, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilo;
- donde el agente retardante de mayor peso molecular se selecciona del grupo que consiste en compuestos con cadenas principales de alquilo opcionalmente substituidas, lineales o ramificados, que están funcionalizadas con sulfonato, sulfato, fosfito, fosfonato, fosfato, y/o grupos carboxilo;
- y donde la combinación de dos o más agentes retardantes es sinérgico en la reducción del sulfato de metal alcalinotérreo disuelto.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, donde el agente retardante de mayor peso molecular se selecciona del grupo que consiste en lignosulfatos, fosfolípidos, y poliacrilatos, preferiblemente fosfolípidos.
3. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la combinación de los agentes retardantes es una mezcla de fosfolípidos de bajo y alto peso molecular, preferiblemente derivados de células de levadura, particularmente de levadura de panadería.
4. Proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la salmuera se purifica posteriormente mediante un tratamientos químico convencional.