

PROCESOS DE DESALACIÓN Y MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES

La presente solicitud reivindica la prioridad con respecto a
5 la solicitud estadounidense 62/216,163, presentada el 9 de
septiembre de 2015, que se incorpora en su totalidad mediante
esta referencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10

Campo de la invención

La presente invención se refiere a procesos de desalación de
múltiples etapas con remoción de impurezas requerido sin la
15 adición de químicos agresivos. Además, la invención incluye
la producción de un subproducto útil (fertilizante) durante
la descalcificación del agua de mar.

Breve descripción de la técnica previa

20

La desalación del agua de mar es cada vez más importante para
la producción de agua potable en muchas áreas del planeta.
También es un problema la eliminación de aguas residuales
saladas. Típicamente, los procesos de desalación y las

plantas de desalación utilizan tecnologías de ósmosis inversa (ósmosis inversa de agua de mar, SWRO). Sin embargo, dado que el contenido mineral, el contenido de material orgánico y contenido contaminante del agua de mar varía según la ubicación, puede ser difícil ajustar cualquier proceso particular para ubicaciones alternativas o para utilizar un método único en múltiples áreas que tienen componentes minerales y orgánicos variados. En algunos casos, el alto contenido de impurezas puede provocar obturación o sarro de las membranas utilizadas durante el procesamiento de ósmosis inversa y puede dar lugar a la necesidad de usar alta presión para el proceso de ósmosis inversa. Además, la descalcificación durante el procesamiento de desalación convencional utiliza con frecuencia un tratamiento con químicos agresivos que pueden dar lugar a que se tenga que eliminar el material de desecho químico. Con la eliminación del agua de mar salada, el método de desecho más común es transportar el agua de mar a instalaciones que tratan y eliminan el agua, frecuentemente mediante inyección en el subsuelo lo cual puede conducir a graves consecuencias ambientales. Resultaría deseable desarrollar procesos de desalación alternativos para abordar los problemas expuestos anteriormente.

BREVE COMPENDIO DE LA INVENCION

La invención abarca procesos de tratamiento de aguas residuales saladas y agua de mar que producen agua utilizable
5 o de otro modo potable y producen adicionalmente material fertilizante. De acuerdo con la invención, un proceso de desalación incluye cuatro etapas importantes en las que:

Una primera etapa implica realizar un proceso de
10 precipitación de fosfato, el proceso de precipitación de fosfato incluye agregar una primera mezcla que comprende fosfato de amonio y fosfato de sodio al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar la primera mezcla y el agua de mar o aguas residuales saladas. Luego de mezclar la primera
15 mezcla y el agua de mar o las aguas residuales saladas, agregar una segunda mezcla que comprende amoníaco y un solvente cargado a base de agua al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar para producir una mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas que tiene un pH superior o
20 igual a aproximadamente 8.5.

En una segunda etapa, los sólidos precipitados se recolectan de la mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas. En una modalidad el proceso de recolección de sólidos comprende

flujo centrífugo. Los sólidos recolectados incluyen uno o más de óxidos minerales divalentes, óxidos minerales monovalentes y fosfato de amonio de magnesio.

5 Luego de realizar la recolección de sólidos, una tercera etapa implica someter el agua de mar o aguas residuales saladas limpias a un proceso de oxidación, que comprende la aireación del agua de mar limpia seguido de la remoción por
10 filtración de sólidos producidos durante el proceso de oxidación.

Una cuarta y última etapa implica realizar un proceso de filtración final que comprende microfiltración seguida por la nanofiltración del agua de mar o aguas residuales limpias
15 oxidadas para producir agua utilizable o de otro modo potable.

En algunas modalidades, el agua de mar o aguas residuales saladas limpias se filtran luego del proceso de recolección
20 de sólidos antes de que se oxide.

Los sólidos recolectados en la etapa 2 que contienen fosfato de amonio y magnesio son un fertilizante excelente. El fosfato de amonio y magnesio puede servir adicionalmente como

un portador para la materia orgánica y elementos menores beneficiosos o esenciales para el crecimiento vegetal.

La invención resumida anteriormente comprende los métodos que se describen a continuación, el alcance de la invención se indica por medio de las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LA FIGURA

10 En las figuras adjuntas en las que se ilustran varias de distintas modalidades posibles de la invención, los caracteres de referencia correspondientes hacen referencia a partes correspondientes a través de varias vistas de las figuras en las que:

15

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una fase de precipitación de una etapa de un proceso de desalación en serie;

20 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una fase de separación de dos etapas;

La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra una fase de aireación de tres etapas;

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra una fase de filtración final de cuatro etapas;

- 5 La Figura 5 es un diagrama esquemático de un clarificador de cuenca circular para separar el «fertilizante de sólidos» del «agua de mar o aguas residuales saladas limpias»;

- La Figura 6 es un diagrama esquemático de un clarificador de
10 cuenca rectangular;

La Figura 7 es un espectrógrafo de masas de la muestra de «fertilizante de sólidos» ID 1402101; y,

- 15 La Figura 8 es una micrografía tomada a 2kx (2,000x) de la muestra de «fertilizante de sólidos» ID 1402101.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 20 La siguiente descripción detallada es de naturaleza meramente ilustrativa y no pretende limitar las modalidades descritas o la aplicación y los usos de las modalidades descritas. Además, no pretende limitarse a ninguna teoría expresada o

implícita presentada en los antecedentes, breve compendio anterior, figuras o la siguiente descripción detallada.

Los procesos de desalación de la invención comprenden
5 múltiples etapas del proceso que pueden resolver muchos o todos los problemas encontrados mediante el uso de métodos SWRO convencionales. En general, el agua de mar de cualquier ubicación se puede procesar mediante la metodología de la invención con poca o ninguna variación del proceso, incluso
10 si el contenido de impureza y las concentraciones difieren entre las ubicaciones. El agua de mar salada que es el resultado de diversos procesos industriales también se puede procesar mediante la metodología de la invención.

15 Las etapas secuenciales del proceso se describen generalmente con referencia a las figuras adjuntas (Figuras 1-4 y figuras secundarias) donde el proceso se ilustra como un proceso en serie, pero como se describe en el Ejemplo 1 el proceso también se puede llevar a la práctica como un proceso por
20 lotes. Con referencia inicialmente a la Figura 1, se ilustra una etapa de procesamiento inicial con agua de mar. Durante el procesamiento inicial, el agua de mar se trata para precipitar los minerales de incrustación como los fosfatos. En el proceso de precipitación de fosfato, el agua de mar se

descalcifica utilizando una secuencia de adiciones de mezcla y mezclando esas adiciones de mezcla con el agua de mar.

Una primera mezcla que se agrega al agua de mar contiene
5 fosfato de amonio y fosfato de sodio. Una cantidad de ejemplo para la adición puede ser aproximadamente 1.0 g de fosfato de amonio por cada 250 mg/l de magnesio presente en el agua de mar; y aproximadamente 1.0 g de fosfato de sodio por cada 150 mg de calcio presente en el agua de mar. La primera mezcla
10 puede ser preferentemente una solución de agua que se agrega al agua de mar, simultáneamente o luego de mezclar la primera mezcla con el agua de mar. La adición y mezcla se puede realizar, por ejemplo, utilizando un sistema de inyección en serie.

15

Más particularmente como se muestra en la Figura 1, en la que se ilustra una modalidad de la primera etapa, se forma una mezcla acuosa de fosfato de amonio y fosfato de sodio en un tanque 10. Una bomba de inyección neumática 12 conectada a un
20 suministro de aire o gas 14 inyecta la mezcla a través de un gránulo 16 en una línea de conducción 18 a través de la cual fluye el agua de mar. Luego se hace pasar la mezcla de fosfato y agua de mar a través de una mezcladora estática 20

para mezclar a fondo la adición de agua de mar y fosfato. La etapa 1 luego continua como se describe a continuación.

Luego de agregar y mezclar la mezcla de fosfato y agua de mar, se agrega una segunda mezcla química para producir una «mezcla de agua de mar». La segunda mezcla química comprende un amoniaco y un solvente cargado a base de agua (electromagnético). El solvente cargado a base de agua puede ser el solvente cargado como se describe en la patente estadounidense n.º 8,475,757, que se incorpora a la presente mediante esta referencia. Como se describe en la presente el solvente cargado a base de agua comprende agua, alcohol e hidruro de sodio. Aunque no se limita a ninguna relación particular, una mezcla de agua de mar de ejemplo puede contener 40 ml de una solución de amoniaco al 7 % y 0.25 ml de solvente cargado por litro de agua de mar. En la relación, la mezcla de agua de mar resultante puede tener un pH superior a 8.5.

Como se describe en la patente n.º 8,475,757 el solvente cargado se forma agregando NaOH sólido al silicio sólido en un recipiente de reacción. Con la mezcla vigorosa, se agrega una primera mezcla de amonio y agua en una concentración de dos partes de mezcla de amonio y agua por una parte de NaOH

es decir que la mezcla de amonio es amonio al 5 % en peso. La mezcla se hace reaccionar entre aproximadamente 1 hora y aproximadamente 2 horas a una temperatura inferior o igual a aproximadamente 195 °F. Luego se agrega una segunda mezcla de amonio y agua, la segunda mezcla de amonio y agua es de amonio al 10 % en peso para mantener la temperatura a aproximadamente 195 °F o por debajo de esta hasta que la relación de agua final es 4 partes de agua con 1 parte de silicato de sodio. Esta segunda mezcla se hace reaccionar entre aproximadamente 6 horas y aproximadamente 8 horas y se agrega agua hasta que la densidad alcanza 1.3 de gravedad específica y luego se deja reposar durante aproximadamente 24 horas. Se agrega alcohol y se mezcla vigorosamente, los reactivos se dejan asentar y la fracción predominante se recolecta para usar en los métodos de producción de fertilizantes y desalación en cuestión como el solvente cargado a base de agua.

La formación de la mezcla de agua de mar en la segunda etapa puede utilizar un segundo sistema de inyección en serie, aunque dicha metodología en serie no es obligatoria. Como se muestra en la Figura 1, la segunda mezcla química se mantiene en un tanque 22 y se inyecta con una bomba de inyección neumática 24 conectada a un suministro de aire o gas en la

línea de conducción 18 a través de la cual fluye la mezcla de fosfato y agua de mar. Durante o luego de la producción de la mezcla de agua de mar, la mezcla de agua de mar se puede hacer pasar a través de una mezcladora estática 28 que crea un choque eléctrico que provoca un pH aumentado. Durante este tiempo, algunos o todos los minerales divalentes se quitan en su forma de óxido y precipitados de fosfato, amonio y magnesio en una forma de cristal que lleva potasio, calcio y otras sales minerales. Debido al pH elevado de la mezcla de agua de mar, la tensión superficial disminuye y la corrosión oxidativa disminuye. La materia orgánica y húmica también cae fuera de la mezcla y se incluye en los sólidos recolectados en una segunda etapa, un ejemplo del cual se muestra en la Figura 2.

15

Con referencia a la Figura 2 se realiza un proceso de separación en la segunda etapa para recolectar los sólidos que se precipitaron de la mezcla de agua de mar. La separación puede realizarse preferentemente utilizando un sistema en serie. Aunque existen diversas técnicas de separación que se pueden utilizar durante el procesamiento de separación, un método de separación preferido puede incluir un sistema de flujo centrífugo en serie, el cual se muestra en las Figuras 5 y la Figura 6. Un sistema de eliminación de

20

bajo flujo puede ser beneficioso para la separación a gran escala. Como se muestra en la Figura 2, la mezcla de agua de mar se bombea 30 a un clarificador 32. Se recolecta una fracción de sólidos 34 y se hace pasar el sobrenadante a través de un filtro de arena 36 diseñado con un retrolavado al clarificador. El agua se puede hacer pasar luego a través de un filtro de carbón activado, filtro de clinoptilolita o similar 38 para quitar cualquier hidrocarburo y el amoníaco libre que todavía se transporta con el agua de mar para producir un «agua de mar limpia» que no se obstruye, escala o cuaja y no es corrosiva. La fracción de sólidos 34 es útil como un fertilizante y el «agua de mar limpia» se puede procesar adicionalmente. Se pueden recoger grandes cantidades de fertilizante al aumentar (por ejemplo, duplicar) la cantidad de fosfato de amonio a 2.0 g por cada 250 mg/l de magnesio presente en el agua de mar y la cantidad de fosfato de sodio a 2.0 g por cada 150 mg/l de calcio presente en el agua de mar.

Debido a su baja solubilidad, el «fertilizante de sólidos» recolectado en la etapa 2 es un fertilizante de liberación lenta, cuya liberación se puede controlar adicionalmente mediante tamaño granular a diferencia de los fertilizantes solubles en agua convencionales. El «fertilizante de sólidos»

no se filtra de suelos porosos o arenosos incluso con riego excesivo o fuertes lluvias. Debido a esta propiedad, se puede aplicar un suministro de fertilizante de varios años cuando se cultiva lo cual reduce los costes de mano de obra. Los

5 beneficios adicionales incluyen colocar el «fertilizante de sólidos» adyacente a las raíces desnudas de las plantas sin correr peligro de quemar o dañar las plantas. La colocación precisa del fertilizante al lado de las raíces también fomenta el crecimiento rápido de las plantas sin fertilizar

10 las malezas. Las últimas pruebas demostraron también que hay menos necesidad de herbicidas e insecticidas.

La etapa 3 del proceso de desalación implica el procesamiento posterior del agua de mar limpiada como se muestra en la

15 Figura 3. Como se muestra, se realiza un tratamiento de aireación/oxidación en un tanque 40 preferentemente con una parte superior abierta con elevadores de aire 42 para la circulación y oxidación de impurezas dentro del agua de mar limpiada con aire o un gas inerte. Al aumentar el contenido

20 de oxígeno del agua de mar limpiada, se puede reducir la demanda de oxígeno y carbón (COD, por sus siglas en inglés), los compuestos de oxígeno volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) y la demanda de oxígeno bioquímico (BOD, por sus siglas en inglés), así como también se puede oxidar a partir

de cualquier hierro, manganeso, arsénico u otro contaminante oxidable. Opcionalmente se puede inyectar dióxido de carbono o peróxido de carbono si es necesario para la eliminación adicional de contaminantes problemáticos. Los contaminantes oxidados se pueden quitar del agua de mar limpiada utilizando uno o ambos de un segundo filtro de carbono y un filtro Chaff (no se muestra).

El agua de mar limpiada se puede filtrar luego como se muestra en la Figura 4. El proceso de filtración puede incluir microfiltración seguida de la nanofiltración del agua de mar limpiada para producir agua purificada (potable). Preferentemente, todo el procesamiento de filtración se realiza a una presión inferior o igual a 250 psi. La microfiltración puede utilizar uno o más medios de filtración. Por ejemplo, la microfiltración puede utilizar un primer proceso de microfiltración de «medios duales» a través de un primer microfiltro 44 seguido de un medio de filtración de arena 46 a través de un segundo microfiltro (no se muestra) y un medio de filtración de carbono posterior 48 a través de un tercer microfiltro (no se muestra). Los tres microfiltros pueden estar preferentemente en línea con el desecho de filtración de cada uno de los microfiltros que se reciclan de nuevo en el tanque de aireación 40.

El agua microfiltrada se puede hacer pasar luego a través de un sistema de nanofiltración. El agua microfiltrada se carga correctamente para la eliminación de hierro durante la nanofiltración, no tiene ningún sólido suspendido o componentes de incrustación que puedan obstruir el o los nanofiltros y no contiene ningún componente que pueda dañar químicamente al o los nanofiltros. Además, la tensión superficial del agua microfiltrada se redujo (con respecto al agua de mar original) y no tiene ninguna propiedad corrosiva. Por consiguiente, a diferencia de los procesos de desalación convencionales, el proceso de nanofiltración de la presente invención se puede realizar bajo presión reducida (inferior o igual a aproximadamente 250 psi).

15

El procesamiento de nanofiltración puede utilizar una o más unidades de nanofiltración que comprenden, cada una, uno o más nanofiltros (tamaños de poro iguales o diferentes, materiales, etc.). El agua nanofiltrada resultante se puede purificar en un contenido total de sólidos disueltos (TDS, por sus siglas en inglés) inferior o igual a 800 ppm. El producto resultante es potable y la metodología está simplificada y es económica debido a la menor presurización con respecto a la metodología convencional y la no

20

utilización de membranas de ósmosis inversa costosas. Asimismo, la cantidad de salmuera (desecho) del sistema (que se recolecta del procesamiento de nanofiltración) disminuye de forma drástica con respecto a las tecnologías alternativas y, por lo tanto, es relativamente económica de desechar. Por consiguiente, la metodología de la invención es mucho más eficiente y económica que los sistemas alternativos.

Los ejemplos que siguen ilustran la invención.

10

Ejemplo 1

Se extrajo un fertilizante del agua de mar del mar Amarillo de la siguiente manera:

15

Etapas 1

De los 1500 ml de agua de mar no filtrada se reservaron 500 ml como «agua de mar antes de la muestra».

20 Etapas 2

Se mezclaron cuatro gramos de fosfato de amonio y 2 g de fosfato de sodio con 1000 ml de agua de mar hasta que las sales de fosfato se disolvieron completamente.

Etapa 3

Se formó una premezcla de 950 ml de agua destilada con 30 ml de hidróxido de amonio al 30 % a la cual se agregaron 20 ml de un solvente cargado a base de agua como se describe en la
5 patente n.º 8,475,757.

Etapa 4

Toda la mezcla de la etapa 2 se combinó con 40 ml de la mezcla de la etapa 3 y se agitó hasta que se mezcló
10 completamente.

Etapa 5

Se permitió que los sólidos se asentaran y se separaron del «agua de mar luego de la muestra».
15

Etapa 6

Los sólidos se enjuagaron con agua y se secaron para usar como un fertilizante.
20 El «fertilizante de sólidos» (1402101), el «agua de mar antes de la muestra» (1402099) y el «agua de mar luego de la muestra» (1402100) se sometieron a Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), cuyos resultados se muestran en la Tabla I. Un análisis de

espectrometría de masas del «fertilizante de sólidos» ID 1402101 se muestra en la Figura 7 y una micrografía del «fertilizante de sólidos» que muestra su estructura cristalina se muestra en la Figura 8.

5

$\rho(B) / (\text{mg/L})$

	Ca	K	Mg	Na	Si	S	P	Li	B	Sr
1402099	378	265	1294	9072	9.65	896	448	0.19	4.02	6.20
1402100	33.8	229	35.6	8920	17.1	812	1185	0.20	3.72	0.18

10

$\rho(B) / (\mu\text{g/L})$

	Be	Zr	Mo	Ag	Cd	I	Ba	Tl	Pb
140209	2.0	1.0	12.	4.0	1.0	<	13	<0.	1.0
9	0	0	0	0	0	1	0	1	0
140210	6.0	8.0	86.	6.0	1.0	<	<5	<0.	1.0

15

20

$\rho(B) / (\mu\text{g/L})$

	Ni	Cu	Zn	Te	Se	Sb	Bi	Como	Hg
1402099	<40	23.0	6740	<0.2	<0.1	0.18	<0.2	1.05	<0.05
1402100	<40	6.00	<50	<0.2	<0.1	3.35	<0.2	<0.5	<0.05

5

 $\rho(B) / (\mu\text{g/L})$

	Al	Bi	Th	U	Ti	V	Cr	Mn	Co
1402099	263	<1	<0.1	<0.1	<20	<10	2.00	14.0	6.00
1402100	3555	<1	<0.1	<0.1	<20	16.0	<1	12.0	3.00

10

 $\omega(B) / 10^{-6}$

	Ca	K	Mg	Na	Si	S	P	Li	B	Sr	Al	Mn
1402101	54800	555	162000	608	245	390	217000	0.93	131	799	28.9	1.08

15

Ejemplo 2

El mismo procedimiento que se describe en el Ejemplo 1 se realizó con agua de mar del océano Pacífico frente a las costas de sur de Canadá. El «agua de mar antes de la muestra» (4030973-01), el «agua de mar luego de la muestra» (4030973-02) y el «fertilizante de sólidos» (4030973-03) se sometieron a análisis:

20

5	Descripción del análisis	Método de referencia (* = forma modificada) Preparación	Análisis
	Dureza como CaCO ₃ (CALC)	N/A	APHA 2340 B
	Humedad	N/A	ASTM D2216 (2010)
10	Nitrato-N en agua mediante IC	N/A	APHA 4110 B
	Nitrato-N, soluble en agua	Carter 15.2.2	APHA 4110 B
	Nitrato-N en agua mediante IC	N/A	APHA 4110 B
15	Nitrato-N, soluble en agua mediante IC	Carter 15.2.2	APHA 4110 B
	Nitrato-N en agua mediante IC	N/A	APHA 4110 B
	Nitrato-N, soluble en agua mediante IC	Carter 15.2.2	APHA 4110 B
20	pH en sólidos	N/A	EPA 9045D (2004)

5	pH en agua	N/A	APHA 4500-H+ B
	Muestra seca (60C) y tamiz (2 mm)	Cárter	N/A
	Metales lixiviables de ácido fuerte	EPA 3050B*	EPA 6020A (2007)
	Total de sólidos disueltos (GRAV)	N/A	APHA 2540 C
10	Total de nitrógeno Kjeldahl	N/A	EPA 351.2 (1993)*
	Total de nitrógeno Kjeldahl en sólidos	N/A	EPA 351.2 (1993)*
15	Total de metales recuperables	APHA 3030E*	APHA 3125 B

Descripciones de referencia del método:

ASTM	ASTM Métodos de ensayo internacionales
20 APHA	Métodos estándar para la Evaluación del Agua y Agua de mar, Asociación Estadounidense de Salud Pública
Carter	Muestreo del suelo y métodos de análisis, Carter/Gregorich

EPA Métodos de ensayo del Organismo para la Protección
del Medio Ambiente

Glosario de términos:

- 5 MRL Límite de informe del método
- < inferior al Límite de detección informada (RDL) -
el RDL puede ser superior al MRL debido a diversos
factores tales como diluciones, volumen limitado de
la muestra, humedad elevada o interferencias
- 10 AO Objetivo estético
- MAC Concentración máxima aceptable (directriz
relacionada con la salud)
- % Porcentaje P/P
- % Porcentaje seco, informado en términos de peso seco
- 15 % Porcentaje húmedo, informado en términos de tal como se
recibió
- mg/kg seco Miligramos por kilogramo (ppm), informado en
términos de peso seco
- mg/L Miligramos por litro
- 20 Unidades de pH < 7 = ácido, pH > 7 = básico

TABLA II

ID de la muestra: 4030973-01 «Agua de mar antes de la
muestra»

	Analito	Resultado/ recuperación	MRL/ Límite	Unidades
5	<i>Parámetros generales</i>			
	pH	7.75	0.01	Unidades de pH
10	Sólidos, total disuelto	27000	10	mg/L
	<i>Parámetros calculados</i>			
	Dureza, total (Total como CaCO ₂)	5160	5.0	mg/L
15	<i>Metales recuperables totales</i>			mg/L
	Aluminio, total	<0.05	0.05	mg/L
	Antimonio, total	<0.001	0.001	mg/L
20	Arsénico, total	<0.005	0.005	mg/L
	Bario, total	<0.05	0.05	mg/L
	Berilio, total	<0.001	0.001	mg/L

5	Bismuto, total	<0.001	0.001	mg/L
	Boro, total	3.70	0.04	mg/L
	Cadmio, total	<0.0001	0.0001	mg/L
	Calcio, total	342	2.0	mg/L
	Cromo, total	<0.005	0.005	mg/L
10	Cobalto, total	<0.0005	0.0005	mg/L
	Cobre, total	<0.002	0.002	mg/L
	Hierro, total	<0.10	0.10	mg/L
	Plomo, total	<0.001	0.001	mg/L
	Litio, total	0.133	0.001	mg/L
15	Magnesio, total	1050	0.1	mg/L
	Manganeso, total	0.002	0.002	mg/L
	Mercurio, total	<0.0002	0.0002	mg/L
	Molibdeno, total	0.009	0.001	mg/L
	Níquel, total	<0.002	0.002	mg/L
20	Fósforo, total	<0.2	0.2	mg/L

5	Potasio, total	326	0.2	mg/L
	Selenio, total	<0.005	0.005	mg/L
	Silicio, total	<5	5	mg/L
	Plata, total	<0.0005	0.0005	mg/L
	Sodio, total	8580	0.2	mg/L
10	Estroncio, total	6.85	0.01	mg/L
	Azufre, total	830	10	mg/L
	Telurio, total	<0.002	0.002	mg/L
	Talio, total	<0.0002	0.0002	mg/L
	Torio, total	<0.001	0.001	mg/L
15	Estaño, total	<0.002	0.002	mg/L
	Titanio, total	<0.05	0.05	mg/L
	Uranio, total	0.0024	0.0002	mg/L
	Vanadio, total	<0.01	0.01	mg/L
	Cinc, total	<0.04	0.04	mg/L
20	Circonio, total	<0.001	0.001	mg/L

TABLA III

ID de la muestra: 4030973-02 «Agua de mar luego de la muestra»

5	Analito	Resultado/ recuperación	MRL/ Límite	Unidades
	<i>Aniones</i>			
10	Nitrógeno, Nitrato como N	1.08	0.010	mg/L
	Nitrógeno, Nitrito como N	<0.100	0.010	mg/L
	<i>Parámetros generales</i>			
15	Nitrógeno, Total Kjeldahl	1040	0.05	mg/L
	pH	8.88	0.01	Unidades de pH
20	Sólidos, total disuelto	21600	10	mg/L
	Parámetros calculados			
	Dureza, total (Total como CaCO ₂)	622	5.0	mg/L

5	Nitrógeno, Nitrato + Nitrito como N	1.08	1.00	mg/L
	Nitrógeno, total	1040	50.0	mg/L
	<i>Metales recuperables totales</i>			
	Aluminio, total	<0.05	0.05	mg/L
	Antimonio, total	0.001	0.001	mg/L
10	Arsénico, total	<0.005	0.005	mg/L
	Bario, total	<0.05	0.05	mg/L
	Berilio, total	<0.001	0.001	mg/L
	Bismuto, total	<0.001	0.001	mg/L
	Boro, total	2.43	0.04	mg/L
15	Cadmio, total	0.0001	0.0001	mg/L
	Calcio, total	136	2.0	mg/L
	Cromo, total	<0.005	0.005	mg/L
	Cobalto, total	<0.0005	0.0005	mg/L
	Cobre, total	0.006	0.002	mg/L
20	Hierro, total	<0.10	0.10	mg/L

5	Plomo, total	<0.001	0.001	mg/L
	Litio, total	0.110	0.001	mg/L
	Magnesio, total	68.3	0.1	mg/L
	Manganeso, total	0.003	0.002	mg/L
	Mercurio, total	<0.0002	0.0002	mg/L
10	Molibdeno, total	0.014	0.001	mg/L
	Níquel, total	<0.002	0.002	mg/L
	Fósforo, total	2.7	0.2	mg/L
	Potasio, total	271	0.2	mg/L
	Selenio, total	<0.005	0.005	mg/L
15	Silicio, total	34	5	mg/L
	Plata, total	<0.0005	0.0005	mg/L
	Sodio, total	7530	0.2	mg/L
	Estroncio, total	2.86	0.01	mg/L
	Azufre, total	700	10	mg/L
20	Telurio, total	<0.002	0.002	mg/L
	Talio, total	<0.0002	0.0002	mg/L

5	Torio, total	<0.001	0.001	mg/L
	Estaño, total	<0.002	0.002	mg/L
	Titanio, total	<0.05	0.05	mg/L
	Uranio, total	0.0004	0.0002	mg/L
	Vanadio, total	<0.01	0.01	mg/L
	Cinc, total	<0.04	0.04	mg/L
	Circonio, total	<0.001	0.001	mg/L
10				

TABLA IV

ID de la muestra: 4030973-03 «Fertilizante de sólidos»

15	Analito	Resultado/ recuperación	MRL/ Límite	Unidades
	<i>Parámetros generales</i>			
20	Humedad	37.4	0.1	% humedad
	Nitrato como N, soluble en agua	3.23	0.05	mg/kg seco

5	Nitrito como N, soluble en agua	<0.10	0.05	mg/kg seco
	Nitrógeno, Total Kjeldahl	7.24	0.01	% seco
	pH	7.4	0.1	Unidades de pH
10	<i>Parámetros calculados</i>			
	Nitrógeno, total	7.24	0.01	%
	<i>Metales lixiviables de ácido fuerte</i>			
15	Aluminio	65	20	mg/kg seco
	Antimonio	0.2	0.1	mg/kg seco
	Arsénico	<0.4	0.4	mg/kg seco
20	Bario	2	1	mg/kg seco
	Berilio	<0.1	0.1	mg/kg seco
	Bismuto	<0.1	0.1	mg/kg seco
	Boro	58	2	mg/kg seco
	Cadmio	<0.04	0.04	mg/kg seco

5	Cobalto	0.4	0.1	mg/kg seco
	Cobre	1.3	0.2	mg/kg seco
	Hierro	160	20	mg/kg seco
	plomo	<0.2	0.2	mg/kg seco
	Litio	0.3	0.1	mg/kg seco
10	Magnesio	87000	10	mg/kg seco
	Manganeso	3.8	0.4	mg/kg seco
	Mercurio	<0.05	0.05	mg/kg seco
	Molibdeno	0.1	0.1	mg/kg seco
	Níquel	0.5	0.4	mg/kg seco
15	Fósforo	12000	10	mg/kg seco
	Potasio	1500	10	mg/kg seco
	Selenio	<0.5	0.5	mg/kg seco
	Silicio	<3000	3000	mg/kg seco
	Plata	<0.2	0.2	mg/kg seco

5	Sodio	20000	40	mg/kg seco
	Estroncio	280	0.2	mg/kg seco
	Azufre	2100	1000	mg/kg seco
	Telurio	<0.1	0.1	mg/kg seco
	Talio	<0.1	0.1	mg/kg seco
10	Torio	<0.5	0.5	mg/kg seco
	Estaño	<0.2	0.2	mg/kg seco
	Titanio	15	2	mg/kg seco
15	Uranio	0.4	0.1	mg/kg seco
	Vanadio	0.7	0.4	mg/kg seco
20	Cinc	4	2	mg/kg seco
	Circonio	<2	2	mg/kg seco

Las propiedades agronómicas del «fertilizante de sólidos» recolectadas en los ejemplos 1 y 2 son sobresalientes. Contiene un promedio de 8-10 % de magnesio o superior dependiendo del contenido de magnesio del agua de mar. El
5 magnesio está implicado en la producción de clorofila y el magnesio extra en el fertilizante ayuda a las plantas a producir clorofila en situaciones de poca luz (tanto de intensidad como de duración) lo cual mejora el crecimiento vegetal. Además, el «fertilizante de sólidos» es un portador
10 para otros elementos menores beneficiosos o esenciales para el crecimiento vegetal tal como el potasio.

Como se pueden hacer diversos cambios en los métodos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la
15 invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción que antecede o que se muestra en las figuras adjuntas sea interpretada como ilustrativa y no en sentido limitante.

REIVINDICACIONES

Se reivindica lo siguiente:

- 5 1. Un proceso de desalación de agua de mar o aguas residuales saladas que comprende:

realizar un proceso de precipitación de fosfato, tal proceso de precipitación de fosfato incluye agregar una
10 primera mezcla que comprende fosfato de amonio y fosfato de sodio al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar la primera mezcla y el agua de mar o aguas residuales saladas;

luego de mezclar la primera mezcla y el agua de mar o
15 aguas residuales saladas, agregar una segunda mezcla que comprende amoníaco y un solvente cargado a base de agua al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar para producir una mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas que tiene un pH superior o igual a aproximadamente 8.5;

20

realizar un proceso de recolección de sólidos para recolectar sólidos precipitados de la mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas, los sólidos incluyen fosfato de amonio y magnesio;

luego de realizar la recolección de sólidos, realizar un proceso de oxidación que comprende la aireación de la mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas, seguido de la
5 eliminación por filtración de los sólidos producidos durante el proceso de oxidación; y

realizar un proceso de filtración final que comprende microfiltración seguida por la nanofiltración del agua de mar
10 o aguas residuales saladas para producir agua utilizable o de otro modo potable.

2. El proceso de desalación de la reivindicación 1 que comprende además filtrar la mezcla de agua de mar o aguas
15 residuales saladas luego del proceso de recolección de sólidos.

3. El proceso de desalación de la reivindicación 2 donde la filtración comprende la filtración a través de la arena
20 seguido de la filtración de carbón o similares.

4. Un proceso de producción de fertilizantes que comprende:

proporcionar agua de mar o aguas residuales saladas;

realizar un proceso de precipitación de fosfato, tal proceso de precipitación de fosfato incluye:

5 agregar una primera mezcla que comprende fosfato de amonio y fosfato de sodio al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar la primera mezcla y el agua de mar o aguas residuales saladas;

10 luego de mezclar la primera mezcla y el agua de mar o aguas residuales saladas, agregar una segunda mezcla que comprende amoniaco y un solvente cargado a base de agua al agua de mar o aguas residuales saladas y mezclar para producir una mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas
15 que tiene un pH superior o igual a aproximadamente 8.5; y

realizar un proceso de recolección para recolectar un producto fertilizante que comprende sólidos precipitados de la mezcla de agua de mar o aguas residuales saladas, los
20 sólidos incluyen fosfato de amonio y magnesio.

5. El proceso de producción de fertilizantes de la reivindicación 4, donde el producto fertilizante comprende además materia orgánica.

6. El proceso de producción de fertilizantes de la reivindicación 4, donde los sólidos contienen adicionalmente potasio, calcio y otras sales minerales.

5

7. El proceso de producción de fertilizantes de la reivindicación 4, donde se selecciona un agua de mar o aguas residuales saladas para procesar de modo que los sólidos contienen entre aproximadamente 8 y 20 % en peso de magnesio.

10

15

20

RESUMEN

Un proceso de desalación de múltiples etapas para tratar el agua de mar o las aguas residuales saladas. Durante el procesamiento inicial el agua de mar o las aguas residuales saladas se tratan para precipitar los minerales de incrustación como fosfatos que incluyen fosfato de amonio y magnesio útiles como fertilizante. Durante la fase inicial, se agregan el fosfato de amonio y el fosfato de sodio al agua de mar o aguas residuales saladas seguido de la adición de amoníaco y un solvente cargado a base de agua. Luego de separar los sólidos precipitados, el agua de mar o las aguas residuales saladas limpiadas se airean y filtran para producir agua potable o de otro modo utilizable.

15

20