

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 357**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28 (2006.01)
B01J 20/28 (2006.01)
B01J 20/06 (2006.01)
C01F 17/00 (2006.01)
C12N 1/02 (2006.01)
C02F 101/30 (2006.01)
C02F 103/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2015 PCT/US2015/019476**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15134976**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2015 E 15758481 (4)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 3114085**

54 Título: **Método y dispositivo con óxido de cerio (IV) con propiedades excepcionales de eliminación de contaminantes biológicos**

30 Prioridad:

07.03.2014 US 201461949810 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.09.2019

73 Titular/es:

**SECURE NATURAL RESOURCES LLC (100.0%)
900 N. Michigan Avenue, Suite 1700
Chicago, IL 60611, US**

72 Inventor/es:

**PSARAS, DIMITRIOS;
GAO, YUAN;
HANELINE, MASON;
LUPO, JOSEPH y
LANDI, CAROL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 724 357 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

Método y dispositivo con óxido de cerio (IV) con propiedades excepcionales de eliminación de contaminantes biológicos

5

Antecedentes

Se han usado diversas tecnologías para eliminar contaminantes biológicos de sistemas a cursos. Los ejemplos de técnicas de ese tipo incluyen adsorción en materiales de área superficial elevada, tales como alúmina y el uso de materiales altamente oxidantes tales como cloro y bromo. Las técnicas más satisfactorias que se han usado en grandes suministros de aguas municipales no son prácticas para aplicaciones residenciales debido a los requisitos de espacio y la necesidad de usar agentes químicos peligrosos. Las dos técnicas más habituales para tratamiento de aguas residenciales han sido la filtración y la cloración. Las Publicaciones de Solicitud de Patente de Estados Unidos n.ºs 2011/0309017 y 2012/0031827 desvelan el uso de composiciones de óxido de cerio (IV) para eliminar contaminantes biológicos de soluciones acusadas, que se diferencian de las de la presente divulgación.

15

Sumario

La presente divulgación se refiere generalmente a un método y un dispositivo que usa composiciones que contienen cerio para eliminar contaminantes biológicos y otros contaminantes se tienen como objeto de corrientes acuosas tal como se especifica en las reivindicaciones adjuntas 1 y 5. De forma más específica, la presente divulgación se refiere en particular a composiciones que contienen cerio para eliminar contaminantes biológicos de agua subterránea y agua potable. Por lo general, la composición que contiene cerio es óxido de cerio. Más habitualmente, la composición que contiene cerio puede ser el óxido de cerio (IV). Los contaminantes biológicos pueden estar presentes a concentraciones elevadas o muy bajas. La composición que contiene cerio puede eliminarlos contaminantes biológicos de las corrientes acuosas cuando están presentes a concentraciones elevadas o muy bajas.

20

25

En la actualidad se ha encontrado que los contaminantes biológicos y otros contaminantes que se tienen como objeto se pueden eliminar de forma y ciento y eficaz del agua y otras reservas de alimentación líquidas acuosas mediante el tratamiento de la corriente acuosa que contiene uno o más contaminantes biológicos con una composición que contiene cerio. La composición que contiene cerio generalmente comprende una composición de óxido de cerio (IV) (CeO_2). La composición de óxido de cerio (IV) puede estar en una forma cristalina. Además, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un área superficial elevada. De forma sorprendente, se ha encontrado adicionalmente que el uso de la composición de óxido de cerio (IV) (CeO_2) con características particulares como se describe a continuación permite la captura y eliminación de contaminantes biológicos que se tienen como objeto con capacidades de eliminación más elevadas en comparación con los medios de eliminación tradicionales, incluyendo óxido de cerio que carece de una o más de estas características particulares.

30

35

De acuerdo con la invención, se proporciona un método para poner en contacto una composición de óxido de cerio (IV) con una sustancia acuosa que contiene contaminantes biológicos. La puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos puede eliminar una cierta parte del contaminante biológico de la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos. En el método, los siguientes puntos (i) a (vi) son ciertos:

40

45

50

55

- (i) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta a aproximadamente pH 7 no superior a aproximadamente 30 mV y superior a aproximadamente 1 mV;
- (ii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a aproximadamente 0,5 μm y no superior a aproximadamente 7 μm ;
- (iii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{50} superior a aproximadamente 2 μm y no superior a aproximadamente 20 μm ;
- (iv) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{90} superior a aproximadamente 12 μm y no superior a aproximadamente 50 μm ;
- (v) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de cristalita superior a aproximadamente 1 nm y no superior a aproximadamente 22 nm; y
- (vi) la composición de óxido de cerio (IV) tiene una concentración de sitios ácidos superior a aproximadamente 0,0001 sitios ácidos/kg y no superior a aproximadamente 0,020 sitios ácidos/kg.

60

65

De acuerdo con la invención se proporciona un dispositivo, dispositivo que tiene una entrada para recibir una corriente acuosa que tiene un primer nivel de un contaminante biológico; una cámara de contacto, en comunicación fluida con la entrada y que contiene una composición de óxido de cerio (IV) para poner en contacto la corriente acuosa; y una salida en comunicación fluida con la cámara de contacto para evacuar la corriente acuosa que tiene un segundo nivel del contaminante biológico. La corriente acuosa tiene un primer nivel de contaminante biológico antes del de la corriente acuosa que se pone en contacto la composición de óxido de cerio (IV) y tiene un segundo nivel de contaminante biológico después de la puesta en contacto de la corriente acuosa con el óxido de cerio (IV). El primer nivel de contaminante biológico es mayor que el segundo nivel de el contaminante biológico. En el dispositivo, los siguientes puntos (i) a (vi) son ciertos:

- (i) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta a aproximadamente pH 7 no superior a aproximadamente 30 mV y superior a aproximadamente 1 mV;
- 5 (ii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a aproximadamente 0,5 μm y no superior a aproximadamente 7 μm ;
- (iii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{50} superior a aproximadamente 2 μm y no superior a aproximadamente 20 μm ;
- (iv) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{90} superior a aproximadamente 12 μm y no superior a aproximadamente 50 μm ;
- 10 (v) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de cristalita superior a aproximadamente 1 nm y no superior a aproximadamente 22 nm; y
- (vi) la composición de óxido de cerio (IV) tiene una concentración de sitios ácidos superior a aproximadamente 0,0001 sitios ácidos/kg y no superior a aproximadamente 0,020 sitios ácidos/kg.
- 15 En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un potencial zeta de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 mV a aproximadamente pH 7. Además en algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener antes de absorber el contaminante biológico, un potencial zeta de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 mV a aproximadamente pH 7.
- 20 En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un tamaño de partícula D_{10} es de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 μm .
- En algunas realizaciones, el óxido de cerio (IV) puede tener un tamaño de partícula D_{50} de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 10,5 μm .
- 25 En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un tamaño de partícula D_{90} de aproximadamente 20 a aproximadamente 30 μm .
- En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un tamaño de cristalita de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 nm.
- 30 En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) puede tener un número de sitios ácidos de más de aproximadamente 0,0001 a no más de aproximadamente 0,020 sitios ácidos/kg de la composición de óxido de cerio (IV).
- 35 En algunas realizaciones, el contaminante biológico se puede seleccionar entre el grupo que consiste en bacterias, levaduras, algas, y virus.
- En algunas realizaciones, el contaminante biológico puede ser uno seleccionado entre el grupo de *Klebsiella oxytoca*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Selenastum capriocornutum*, y MS2.
- 40 La composición de óxido de cerio (IV) puede estar sin soportar o soportada. La composición de óxido de cerio (IV) soportada se puede depositar en un solo soporte o se puede depositar sobre múltiples soportes. Los soportes pueden ser, pero no se limitan a, alúmina, aluminosilicatos, resinas de intercambio iónico, polímeros orgánicos, y arcillas. La composición de óxido de cerio (IV) se puede depositar y/o mezclar con un material poroso polimérico. Además, se cree que la exposición de la superficie de la composición de óxido de cerio (IV) aumenta cuando la composición de óxido de cerio (IV) se deposita y/o se mezcla con el material poroso polimérico.
- 45 Estas y otras ventajas serán evidentes a partir de la divulgación de los aspectos, realizaciones, y configuraciones contenidas en el presente documento.
- 50 Como se usa en el presente documento, "al menos uno", "uno o más", e "y/o" son expresiones de extremos abiertos que son tanto conjuntivas como disyuntivas en operación. Por ejemplo, cada una de las expresiones "al menos uno de A, B y C", "al menos uno de A, B, o C", "uno o más de A, B, y C", "uno o más de A, B, o C" y "A, B, y/o C" se refiere a A solo, B solo, C solo, A y B juntos, A y C juntos, B y C juntos, o A, B y C juntos. Cuando cada uno de A, B, y C en las expresiones que se han mencionado anteriormente se refiere un elemento, tal como X, Y, y Z, o clase de elementos, tal como X_1 - X_n , Y_1 - Y_m , y Z_1 - Z_0 , la expresión pretende hacer referencia a un solo elemento seleccionado entre X, Y, y Z, una combinación de elementos seleccionados entre la misma clase (por ejemplo, X_1 y X_2) así como una combinación de elementos seleccionados entre dos o más clases (por ejemplo, Y_1 y Z_0).
- 60 Se debe indicar que el término "un" o "una" entidad se refiere a una o más de esas entidades. Como tal, los términos "un" (o "una"), "uno o más" y "al menos uno" se pueden usar indistintamente en el presente documento. También se debe indicar que las expresiones "que comprende", "que incluye", y "que tiene" se pueden usar indistintamente.
- 65 La expresión "se refiere a" cómo se usa el presente documento proporcionará su interpretación más amplia posible. En consecuencia, una reivindicación que incorpora el término "se refiere a" cubrirá todas las estructuras, materiales,

o actos que se presentan en el presente documento, y todos los equivalentes de los mismos. Además, las estructuras, materiales o actos y los equivalentes de los mismos incluirán todos los que se describen en el sumario de la invención, breve descripción de las figuras, descripción detallada, en resumen, y las propias reivindicaciones.

5 A menos que se indique de otro modo, todos los niveles de componente composición están en referencia a la parte activa de ese componente composición y excluyen impurezas, por ejemplo, disolventes residuales o productos secundarios, que pueden estar presentes en fuentes disponibles en el mercado de los componentes o composiciones de este tipo.

10 Todos los porcentajes y proporciones se calculan en peso total de composición, a menos que se indique de otro modo.

Se debería entender que se considera que cada limitación numérica máxima dada en toda la presente divulgación incluir todos y cada uno de los límites numéricos inferiores como una alternativa, como si tal límite numérico inferior se escribiera de forma expresa en el presente documento. Se considera que cada límite numérico mínimo que se
15 proporcione en toda la presente divulgación incluye todos y cada uno de los límites numéricos más elevados como una alternativa, como si tal límite numérico más elevado se escribiera de forma expresa en el presente documento. Se considera que cada intervalo numérico dado en toda la presente divulgación incluye todos y cada uno de los intervalos numéricos más estrechos que entran dentro de un intervalo numérico más amplio de ese tipo, como si tales intervalos numéricos más estrechos se escribieran de forma expresa en el presente documento. A modo de ejemplo,
20 la expresión de aproximadamente 2 a aproximadamente 4 incluye el número entero y/o intervalos numéricos de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, de aproximadamente 3 a aproximadamente 4 y cada intervalo posible basándose en números reales (por ejemplo, irracionales y/o racionales), tales como de aproximadamente 2,1 a aproximadamente 4,9, de aproximadamente 2,1 a aproximadamente 3,4, y así sucesivamente.

25 Descripción detallada de las figuras

Las figuras adjuntas, que se incorporan en y que constituyen una parte de la memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la divulgación y junto con la descripción general de la divulgación que sea proporcionada anteriormente la descripción detallada que se proporciona a continuación, sirven para explicar los principios de la divulgación.

30 La Fig. 1 muestra la bacteria *Klebsiella oxytoca* con respecto al tiempo de incubación para un control y para una composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La Fig. 2 muestra el recuento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

35 La Fig. 3 muestra el recuento de *Selenastum Capriocornutum* con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La Fig. 4 muestra la concentración del Bacteriófago MS2 con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

40 La Fig. 5 muestra el recuento de *Klebsiella oxytoca* con respecto al tiempo de incubación para un control, para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior (Ejemplo Comparativo 1), y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La Fig. 6 muestra el recuento de *Saccharomyces cerevisiae* con respecto al tiempo de incubación para un control, para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior (Ejemplo Comparativo 1), y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

45 La Fig. 7 muestra el recuento de *Selenastum Capriocornutum* con respecto al tiempo de incubación con respecto a un control, para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior (Ejemplo Comparativo 1), y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

50 La Fig. 8 muestra la concentración del Bacteriófago MS2 con respecto al tiempo de incubación para un control, para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior (Ejemplo Comparativo 1), y para la composición de óxido de cerio (IV) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación;

La Fig. 9 es una representación de comparación del potencial zeta tanto de la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo como para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior con respecto al pH; y

55 La Fig. 10 es una representación de comparación de la distribución del tamaño de partícula tanto para la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo como para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior.

Descripción detallada

60 El método de la divulgación se concibe principalmente para eliminar contaminantes biológicos de una corriente acuosa usando una composición de óxido de cerio (IV) (CeO_2) que tiene propiedades particulares. La corriente acuosa puede ser una o más de una fuente de agua potable y agua subterránea que contiene cantidades no deseables de contaminantes biológicos y/ u otros contaminantes. Además, la corriente acuosa puede incluir, pero no se limita, aguas de pozo, aguas de superficie (tales como aguas de lagos, estanques y pantanos), aguas para agricultura, aguas residuales de procesos industriales, y aguas geotérmicas.

65 Generalmente, la composición de óxido de cerio (IV) se puede usar para tratar cualquier corriente acuosa que contenga

un contaminante biológico. La composición de óxido de cerio (IV) de la presente divulgación tiene una serie de propiedades que son particularmente ventajosas para la eliminación de contaminantes biológicos. La puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene el contaminante biológico puede reducir de forma eficaz el nivel de contaminante biológico en la corriente acuosa. Generalmente, la puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa puede reducir el nivel del contaminante biológico en la corriente acuosa en más de aproximadamente un 75 %. Más habitualmente, la puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa puede reducir el nivel de contaminante biológico en la corriente acuosa en más de aproximadamente un 80 %, más habitualmente más de aproximadamente un 85 %, más habitualmente más de aproximadamente un 90 %, más habitualmente más de aproximadamente un 95 %, más habitualmente más de aproximadamente un 97,5 %, e incluso más habitualmente más de aproximadamente un 99,5 %.

La composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta, a pH 7, superior a aproximadamente 1 mV. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el potencial zeta de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Por lo general, la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta, a pH 7, superior a aproximadamente 5 mV. Más habitualmente, el potencial zeta, a pH 7, de la composición de óxido de cerio (IV) es superior a aproximadamente 10 mV. Generalmente, la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta no superior a aproximadamente 30 mV. Más generalmente, el potencial zeta de la composición de óxido de cerio (IV) no es superior a aproximadamente 20 mV o incluso más habitualmente no superior a aproximadamente 15 mV. A un pH de aproximadamente 7, la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta no superior a uno de aproximadamente 30 mV, aproximadamente 20 mV y aproximadamente 15 mV y un potencial zeta superior a uno de aproximadamente 1 mV, aproximadamente 5 mV, y 10 mV. El potencial zeta de la composición de óxido de cerio (IV) a pH 7 normalmente varía de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 mV. Se puede observar la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los potenciales zeta que se han descrito en combinación con uno cualquiera o más de los puntos isoeléctricos que siguen a continuación, áreas superficiales, volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro, tamaños de partícula, tamaños cristalinos, y número de sitios ácidos.

Generalmente, la composición de óxido de cerio (IV) habitualmente tiene un punto isoeléctrico superior a aproximadamente pH 7, más generalmente superior a aproximadamente pH 8, e incluso más generalmente superior a aproximadamente pH 9 pero generalmente no superior a aproximadamente pH 12, más generalmente no superior a aproximadamente pH 11, e incluso más generalmente no superior a aproximadamente pH 10. El punto isoeléctrico generalmente varía de aproximadamente pH 8,5 a aproximadamente pH 10. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el punto isoeléctrico de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los puntos isoeléctricos que se han descrito en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente; y las áreas superficiales que se mencionan a continuación, volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro, tamaños de partícula, tamaños cristalinos y número de sitios ácidos.

La composición de óxido de cerio (IV) puede tener comúnmente un área superficial de aproximadamente 30 a aproximadamente 200 m²/g, más comúnmente de aproximadamente 60 a aproximadamente 180 m²/g, o incluso más habitualmente de aproximadamente 100 a aproximadamente 150 m²/g. Por lo general, la superficie de la composición de óxido de cerio (IV) es de aproximadamente 100 a aproximadamente 150 m²/g, más habitualmente de aproximadamente 110 a aproximadamente 150 m²/g. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que the área superficial de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener una cualquiera de las áreas superficiales que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta y los puntos isoeléctricos que se han mencionado anteriormente; y los volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro, tamaños de partícula, tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) habitualmente tiene un volumen medio (media, mediana, y moda) de poro (tal como se determina mediante adsorción de N₂) superior a aproximadamente 0,01 cm³/g, más habitualmente superior a aproximadamente 0,1 cm³/g, y más habitualmente superior a aproximadamente 0,2 cm³/g pero habitualmente no superior a aproximadamente 0,85 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,8 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,75 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,65 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,6 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,55 cm³/g, más habitualmente no superior a aproximadamente 0,5 cm³/g, e incluso más habitualmente no superior a aproximadamente 0,45 cm³/g. El volumen de poro puede variar de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,4 cm³/g, de más de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 0,5 cm³/g, o de más de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,6 cm³/g. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el volumen medio de poro de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los volúmenes medios de poro que se han descrito en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, y áreas superficiales; y los tamaños medios de poro, tamaños de partícula, tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) generalmente tienen un tamaño medio de poro (media, mediana, y moda) (tal como se determina con el método BJH) superior a aproximadamente 0,5 nm, más generalmente superior a aproximadamente 1 nm, y más generalmente superior a aproximadamente 6 nm pero generalmente no superior a aproximadamente 20 nm, más generalmente no superior a aproximadamente 15 nm, e incluso más generalmente no superior a aproximadamente 12 nm. El tamaño medio de poro puede variar de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 6,5 nm, de más de aproximadamente 6,5 a aproximadamente 13 nm, o de más de aproximadamente 13 a aproximadamente 20 nm. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que de tamaño medio de poro de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los tamaños medios de poro que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, áreas superficiales y volúmenes medios de poro; y dos tamaños de partícula, tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) normalmente se encuentra en forma de partículas. Por lo general, la composición en forma de partículas de óxido de cerio (IV) tiene uno o más de un tamaño de partícula D_{10} , tamaño de partícula D_{50} y tamaño de partícula D_{90} . Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el uno o más de un tamaño de partícula D_{10} , tamaño de partícula D_{50} y tamaño de partícula D_{90} área superficial de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera tamaños de partícula D_{10} , D_{50} o D_{90} de los que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro y tamaños medios de poro; y los tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) en partículas normalmente tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a 0,5 μm y no superior a 7 μm , por ejemplo de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 μm . Más comúnmente, la composición de óxido de cerio (IV) generalmente tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a aproximadamente 0,05 μm , incluso > aproximadamente 1 μm pero más comúnmente no superior a aproximadamente 5 μm , e incluso además más comúnmente no superior a aproximadamente 3 μm . El tamaño de partícula D_{10} generalmente varía de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 μm . Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el tamaño de partícula D_{10} de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los tamaños de partícula D_{10} que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro y tamaños medios de poro; y los que se mencionan a continuación tamaños cristalinos y número de sitios ácidos.

Además, la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{50} superior a aproximadamente 2 μm , más generalmente superior a aproximadamente 4 μm , y más generalmente de al menos aproximadamente 5 μm pero no superior a aproximadamente 20 μm , generalmente no superior a aproximadamente 15 μm , y más generalmente no superior a aproximadamente 12 μm . El tamaño de partícula D_{50} normalmente varía de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 10,5 μm . Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el tamaño de partícula D_{50} de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los tamaños de partícula D_{50} que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro y tamaños medios de poro y se han mencionado anteriormente que se han mencionado anteriormente; y los tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) comúnmente tiene un tamaño de partícula D_{90} superior a aproximadamente 12 μm , más comúnmente superior a aproximadamente 15 μm , e incluso más comúnmente superior a aproximadamente 20 μm pero no superior a aproximadamente 50 μm , comúnmente no superior a aproximadamente 40 μm , y más comúnmente no superior a aproximadamente 30 μm . El tamaño de partícula D_{90} generalmente varía de aproximadamente 20 a aproximadamente 30 μm . Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el tamaño de partícula D_{90} de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los tamaños de partícula D_{90} que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de: los potenciales zeta que se han mencionado anteriormente, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro y tamaños medios de poro; y los tamaños cristalinos y número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

La composición de óxido de cerio (IV) generalmente tiene un tamaño de cristallita superior a aproximadamente 1 nm, más habitualmente superior a aproximadamente 4 nm, e incluso más habitualmente superior a aproximadamente 7,5 nm pero no superior a aproximadamente 22 nm, generalmente no superior a aproximadamente 17 nm, y más habitualmente no superior a aproximadamente 12,5 nm. El tamaño de cristallita comúnmente valía de

aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 nm. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el tamaño de cristalita de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera de los tamaños cristalinos que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de los potenciales zeta, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro y tamaños de partícula que se han mencionado anteriormente, y el número de sitios ácidos que se mencionan a continuación.

El óxido de cerio (IV) tiene no más de aproximadamente 0,020 sitios ácidos/kg tal como se mide mediante una titulación de potencial zeta. Generalmente, el óxido de cerio (IV) tiene no más de aproximadamente 0,015 sitios ácidos/kg, incluso más generalmente no más de aproximadamente 0,010 sitios ácidos/kg, además incluso más generalmente no más de aproximadamente 0,005 sitios ácidos/kg, e incluso además más generalmente no más de aproximadamente 0,001 sitios ácidos/kg tal como se mide mediante una titulación de potencial zeta. Además incluso más generalmente, el óxido de cerio (IV) tiene de aproximadamente 0 a aproximadamente 0,001 sitios ácidos/kg tal como se mide mediante una titulación de potencial zeta. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el número de sitios ácidos/kg de la composición de óxido de cerio (IV) puede influir en la eliminación del contaminante biológico de una corriente acuosa. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera del número de sitios ácidos que se han descrito anteriormente en combinación con uno cualquiera o más de los potenciales zeta, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro y tamaños de partícula que se han mencionado anteriormente.

El nivel de óxido de cerio (IV), $Ce(IV)O_2$ en la composición de óxido de cerio (IV) puede variar. La composición de óxido de cerio (IV) generalmente comprende más de aproximadamente un 75 % en peso de $Ce(IV)O_2$, más habitualmente más aproximadamente un 85 % en peso de $Ce(IV)O_2$, incluso más habitualmente más de aproximadamente un 90 % en peso de $Ce(IV)O_2$, o además incluso más habitualmente más de aproximadamente un 99,5 % en peso de $Ce(IV)O_2$.

La composición de óxido de cerio (IV) puede contener óxidos de tierras raras distintos al óxido de cerio (IV). Comúnmente, los óxidos de tierras raras distintos al óxido de cerio (IV) comprenden no más de aproximadamente un 40 % en peso, más comúnmente no más de aproximadamente un 25 % en peso, e incluso más comúnmente no más de aproximadamente un 10 % en peso de la composición de óxido de cerio (IV).

Normalmente, la composición de óxido de cerio (IV) puede contener materiales que no son tierras raras. Generalmente, los materiales que no son tierras raras generalmente comprenden no más de aproximadamente un 5 % en peso, más generalmente no más de aproximadamente un 2,5 % en peso, e incluso más generalmente no más de aproximadamente un 1 % en peso de la composición de óxido de cerio (IV). En algunos ejemplos, la composición de óxido de cerio (IV) puede estar libre de cualquier material que no sea tierra rara añadido. Es decir, el nivel de materiales de tierras no raras contenidas en la composición de óxido de cerio (IV) generalmente comprenden "impurezas" de origen natural presentes en el óxido de cerio. Comúnmente, cualquier material que no sea tierra para contenido en la composición de óxido de cerio (IV) no es superior a aproximadamente un 4 % en peso, más comúnmente no superior a aproximadamente un 2,5 % en peso, incluso más comúnmente no superior a aproximadamente un 1 % en peso y además incluso más comúnmente no superior a aproximadamente un 0,5 % en peso.

Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) puede tener uno cualquiera o más de los % en peso de óxido de cerio(IV), % en peso de óxidos de tierras raras distintos al óxido de cerio (IV), y % en peso de materiales que no son tierras raras en combinación con uno cualquiera o más de los potenciales zeta, puntos isoeléctricos, áreas superficiales, volúmenes medios de poro, tamaños medios de poro, tamaños de partícula, tamaños cristalinos, y número de sitios ácidos que se han mencionado anteriormente.

Aunque no se desea quedar ligado a ninguna teoría, se cree que la diferencia entre uno o más del potencial zeta, punto isoeléctrico, área superficial, un volumen medio de poro (media, mediana, y moda) (tal como se determina mediante adsorción N_2), un tamaño medio de poro (media, mediana, y moda) (tal como se determina con el método BJH), tamaño de partícula D_{10} , tamaño de partícula D_{50} , tamaño de partícula D_{90} , tamaño de cristalita y número de sitios ácidos/kg del óxido de cerio (IV) de la presente divulgación y óxidos de cerio de la técnica anterior permite mejor que el contaminante biológico entre en contacto con sitios de reacción en la composición de óxido de cerio (IV) y se pueda eliminar de la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos mediante la composición de óxido de cerio (IV).

En algunos ejemplos, la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos se pasa a través de una entrada a un recipiente a una temperatura y presión, normalmente a temperatura y presión ambientales, de modo que el agua en la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos permanece en el estado líquido. En este recipiente la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos se pone en contacto con la composición de óxido de cerio (IV). El contacto del óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos hace que el contaminante biológico realice uno o más de sorción y reacción con la composición de óxido de cerio (IV). La una o más sorción y reacción de la composición de óxido de cerio (IV) con el contaminante biológico elimina el contaminante biológico de la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos.

En algunos ejemplos, la composición de óxido de cerio (IV) se puede depositar sobre un material. Además, el óxido de cerio (IV) se puede depositar sobre una o más superficies externas y/o internas del material de soporte. Se puede observar que las personas con una experiencia habitual en la materia generalmente se refieren a las superficies internas del material de soporte como poros. La composición de óxido de cerio (IV) se puede soportar sobre material sólido con o sin un aglutinante. En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) se puede aplicar al material de soporte usando cualquier técnica convencional tal como deposición en suspensión.

En algunos ejemplos, la composición de óxido de cerio (IV) se suspende con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos. Se puede observar que la composición de óxido de cerio (IV) y la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos ponen en contacto cuando están en suspensión. Aunque no se quiere quedar ligado a ninguna teoría, se cree que una cierta parte, sino la mayor parte o todo el contaminante biológico contenido en la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos se elimina de la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos mediante la suspensión y/o puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos. Después de la suspensión y/o puesta en contacto del óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos, la suspensión se filtra mediante cualquier método de separación de sólido líquido conocido. La expresión "una cierta parte" se refiere a la eliminación de no más de aproximadamente un 50 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa. Más generalmente, la expresión "una cierta parte" se refiere a la eliminación de no más de aproximadamente un 10 %, no más de aproximadamente un 20 %, no más de aproximadamente un 30 %, y no más de aproximadamente un 40 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa. La expresión "la mayor parte" se refiere a la eliminación de no más de aproximadamente un 50 % pero no más de aproximadamente un 100 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa. Más comúnmente, la expresión "la mayor parte" se refiere a uno o más de eliminar más de un aproximadamente 60 %, más de un aproximadamente 70 %, más de un aproximadamente 90 %, y más de un aproximadamente 90 % pero no más de un 100 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa. El término "todo" se refiere a la eliminación de aproximadamente un 100 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa. Más generalmente, la expresión "todo" se requiere la eliminación de más de un 98 %, un 99 %, un 99,5 %, y un 99,9 % del contaminante biológico contenido en la corriente acuosa.

En algunos ejemplos, la composición de óxido de cerio (IV) está en forma de un lecho fijo. Además, el lecho fijo del óxido de cerio (IV) normalmente comprende el óxido de cerio (IV) en forma de partículas de óxido de cerio (IV). Las partículas de óxido de cerio (IV) pueden tener una figura y/o forma que expone un área superficial máxima de la partícula de óxido de cerio (IV) al fluido o líquido acuoso con una retropresión mínima y el flujo del fluido o líquido acuoso a través del lecho fijo. Sin embargo, si se desea, las partículas de óxido de cerio (IV) pueden estar en forma de un cuerpo conformado tal como perlas, fracciones extruidas, estructuras poliméricas porosas o monolitos. En algunas realizaciones, la composición de óxido de cerio (IV) se puede soportar como una capa y/o revestimiento sobre tales soportes de perlas, fracciones extruidas, estructuras poliméricas porosas o monolitos.

La puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos normalmente se produce a una temperatura de aproximadamente 4 a aproximadamente 100 grados Celsius, más normalmente de aproximadamente 5 a aproximadamente 40 grados Celsius. Además, la puesta en contacto de el óxido de cerio (IV) con la corriente que contiene contaminantes biológicos normalmente se produce a un pH de aproximadamente pH 1 a aproximadamente pH 11, más comúnmente de aproximadamente pH 3 a aproximadamente pH 9. La puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos generalmente se produce durante un periodo de tiempo superior a aproximadamente 1 minuto y no superior a aproximadamente 24 horas.

La naturaleza y objetos de la divulgación se ilustran adicionalmente con el siguiente ejemplo, que se proporciona solamente con fines ilustrativos y no para limitar la divulgación tal como se define mediante las reivindicaciones.

Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar ciertos aspectos, realizaciones, y configuraciones de la divulgación y no se deben interpretar como limitaciones de la divulgación, como se expone en las reivindicaciones adjuntas. Todas las partes y porcentajes son en peso a menos que se especifique de otro modo.

Ejemplo

Una composición de óxido de cerio (IV) se preparó con el siguiente método. En un recipiente agitado, cerrado, un litro de una solución de nitrato de cerio (IV) y amonio 0,12 M se preparó a partir de cristales de nitrato de cerio (IV) y amonio disueltos en ácido nítrico y se mantuvo a aproximadamente 90 °C durante aproximadamente 24 horas. En un recipiente separado se prepararon 200 ml de una solución de hidróxido de amonio 3 M y se mantuvo a temperatura ambiente. Posteriormente, las dos soluciones se combinaron y se agitaron durante aproximadamente una hora. El precipitado resultante se filtró usando un embudo Buckner equipado con papel de filtro. Los sólidos a continuación se lavaron minuciosamente en el embudo Buckner usando agua desionizada. Después de la etapa de lavado/filtración, el hidrato húmedo se calcinó en un horno de mufla a aproximadamente 450 °C durante tres horas para formar la composición de óxido de cerio (IV).

El material de composición de óxido de cerio (IV) usado tenía un potencial zeta de aproximadamente 9,5 mV a un pH

de aproximadamente pH 7, un punto isoeléctrico de aproximadamente pH 9,1, aproximadamente 0,001 sitios ácidos/kg tal como se mide mediante una titulación de potencial zeta, un área superficial entre aproximadamente 110 y aproximadamente 150 m²/g, un tamaño de partícula D₁₀ de aproximadamente 2 µm, un tamaño de partícula D₅₀ de aproximadamente 9 µm, un tamaño de partícula D₉₀ de aproximadamente 25 µm, y un tamaño de cristalita de aproximadamente 10 nm. El tamaño de cristalita, es decir, el tamaño de los cristales individuales, se midió mediante XRD o TEM. Los tamaños de partícula D_{xx} se midieron mediante difracción láser; tienen el tamaño de las partículas están formadas por las cristalitas individuales.

Características de Eliminación Bacteriana de la Composición de Óxido de Cerio (IV)

El caldo de cultivo tratado en autoclave estaba formado por aproximadamente 30 g de caldo de cultivo de soja trípico (TSB) y aproximadamente 1000 ml de agua desionizada. El caldo de cultivo tratado en autoclave se inóculo con una colonia pura de *Klebsiella oxytoca* y se incubó durante aproximadamente 4 horas a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius. Después de incubación, 1000 mg de la composición de óxido de cerio (IV) se cargaron en un matraz que contenía aproximadamente 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada, tras lo cual el matraz se colocó en un agitador de incubación. Las muestras se tomaron después de aproximadamente 1, 4, 8, y 24 horas y, a partir de ese momento, se diluyeron aproximadamente 1.000.000 de veces. Aproximadamente 100 µl de cada una de las muestras diluidas se extendió sobre placas de agar y se incubó a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius de aproximadamente 18 a aproximadamente 24 horas, tras lo cual se hizo a continuación el recuento del número de colonias. El control consistió en aproximadamente 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada cargada a un matraz. El matraz se colocó en un agitador de incubación, tras lo cual las muestras se tomaron después de aproximadamente 1, 4, 8 y 24 horas. Las muestras se diluyeron, se extendieron sobre placas de agar y se incubaron de acuerdo con los mismos procedimientos que las muestras tratadas con la composición de óxido de cerio (IV). Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 1 y La Fig. 1. La Fig. 1 muestra las bacterias *Klebsiella oxytoca* con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo. El uso de la composición de óxido de cerio (IV) conduce a un recuento bacteriano menor a tiempos de incubación de 1, 4, 8, y 24 horas en comparación con el control.

Tabla 1

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
1	86	34
4	124	93
8	219	159
24	304	237

Características de Eliminación de Levadura de la Composición de Óxido de Cerio (IV)

El caldo de cultivo tratado en autoclave estaba formado por aproximadamente 30 g de caldo de cultivo de soja trípico (TSB) y aproximadamente 1000 ml de agua desionizada. El caldo de cultivo tratado en autoclave se inóculo con una colonia pura de *Saccharomyces cerevisiae* y se incubó durante aproximadamente 4 horas a aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius. Después de incubación, aproximadamente 1000 mg de la composición de óxido de cerio (IV) se colocó en un matraz que contenía 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada, tras lo cual el matraz se colocó en un agitador incubado. Las muestras se tomaron después de aproximadamente 1, 4, 8, y 24 horas y, a partir de ese momento, se diluyeron aproximadamente 1.000.000 de veces. Aproximadamente 100 µl de cada una de las muestras diluidas se extendió sobre placas de agar y se incubó a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius de aproximadamente 18 a aproximadamente 24 horas, tras lo cual se hizo a continuación el recuento del número de colonias. El control consistió en aproximadamente 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada cargada a un matraz. El matraz se colocó en un agitador de incubación, tras lo cual las muestras se tomaron después de aproximadamente 1, 4, 8 y 24 horas. Las muestras se diluyeron, se extendieron sobre placas de agar y se incubaron de acuerdo con los mismos procedimientos que las muestras tratadas con la composición de óxido de cerio (IV). Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 2 y La Fig. 2. La Fig. 2 muestra el recuento de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo. Aunque el uso de la composición de óxido de cerio (IV) conduce a un recuento de levaduras ligeramente superior para un tiempo de incubación de 1 hora, conduce a un recuento de levaduras menor para un tiempo de incubación de 4 horas, y un recuento de levaduras drásticamente menor para un tiempo de incubación de 8 horas.

Tabla 2

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
1	26	29
4	44	42
8	76	47

Características de Eliminación de Algas de la Composición de Óxido de Cerio (IV)

5 Se cultivó *Selenastum Capriocornutum* (UTEX) y aproximadamente 100 ml del cultivo se mezclaron con aproximadamente 250 mg de la composición de óxido de cerio (IV) y aproximadamente 50 ml de Medio Bristol recién preparado. La mezcla se agitó a aproximadamente 400 rpm y aproximadamente 40,6 cm (16 pulgadas) de luces de incubación. Una muestra de aproximadamente 100 µl se tomó del reactor a aproximadamente 0,5, 4, 8, 24 y 48 horas.

10 Cada muestra de 100 µm se colocó en un hemocitómetro (HASSEUR Scientific) y se observó con aumentos entre aproximadamente 300x y aproximadamente 400x. Se tomaron recuentos para cada célula visible dentro de rejillas de 0,015625 mm², la profundidad de la muestra en hemocitómetro es de 0,1 mm. El control consistió en medio cultivado incubado en ausencia de la composición de óxido de cerio (IV). Las muestras de control incubadas se tomaron y se analizaron de la misma manera que las muestras incubadas en presencia de la composición de óxido de cerio (IV).

15 Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 3 y La Fig. 3. La Fig. 3 muestra el recuento de *Selenastum Capriocornutum* con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo. El uso de la composición de óxido de cerio (IV) conduce a poblaciones de algas menores a tiempos de incubación de 0,5, 1, 4, 8, 24 y 72 horas en comparación con el control.

Tabla 3

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
0,5	3,3	3,1
4	3,9	3,1
8	4,0	3,1
24	4,7	4,2
72	6,3	5,2

Características de Eliminación Viral de la Composición de Óxido de Cerio (IV)

25 Aproximadamente 500 ml de un agua (BFD) sin demanda tamponada (aproximadamente 500 ml de agua desionizada, aproximadamente 285 mg de Na₂HPO₄, y aproximadamente 440 mg de KH₂PO₄) se cargaron con aproximadamente 1 ml de una solución de reserva de bacteriófagos MS2; a partir de la cual se tomaron aproximadamente 100 ml de la solución y se mezclaron con aproximadamente 1000 mg de la composición de óxido de cerio (IV). A partir de ese momento, las muestras se tomaron a las 0,25, 4, 8, y 12 horas, cada muestra se diluyó aproximadamente 1.000.000 de veces. El hospedador bacteriano 15597 de *E. Coli* se usó para someter a ensayo las muestras. Aproximadamente

30 100 µl de las soluciones de *E. Coli* se extendieron sobre placas de agar, tras lo cual las muestras se incubaron a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius de aproximadamente 18 a 24 horas. El control consistió en la misma agua sin demanda tamponada cargada con los mismos bacteriófagos MS2, pero en ausencia de la composición de óxido de cerio (IV). Las muestras de control se tomaron y analizaron con los mismos procedimientos que las muestras que tienen la composición de óxido de cerio (IV). Después del periodo de incubación,

35 se hizo a continuación el recuento del número de colonias para cada una de las muestras. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 4 y La Fig. 4. La Fig. 4 muestra la concentración del Bacteriófago MS2 con respecto al tiempo de incubación para un control y para la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo. Aunque la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo y el Control muestran resultados similares para un tiempo de incubación de 0,25 horas, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo reduce drásticamente la población del

40 Bacteriófago MS2 en comparación con el Control durante 4, 8, y 12 horas.

Tabla 4

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
0,25	182	177
4	188	73
8	197	63
12	193	47

Eliminación de Arsénico y Fluoruro

- 5 Para someter a ensayo las características de adsorción de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) se realizó el siguiente estudio de isoterma en equilibrio. Las soluciones de ensayo que contienen arsénico en forma de arseniato o arsenito se prepararon de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. 20 miligramos de la composición de óxido de cerio (IV), se colocaron en un recipiente de polietileno de 500 mililitros cerrado herméticamente y se suspendieron con aproximadamente 500 mililitros de la solución ensayo que contenía arsénico a concentraciones que se describen en la Tabla 6. Las suspensiones resultantes se agitaron volteando los recipientes durante varias horas. Después de agitación, el agua del grifo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,45 micrómetros y se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros. A continuación los frascos se enviaron a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de arsénico en cada muestra de líquido se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5

Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (µg/l)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (µg/l)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO ₂)
20	2,6	0,88
75	19,3	2,83
140	52	4,46
290	156,7	6,76
470	310	7,92

20

Tabla 6

Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (µg/l)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (µg/l)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO ₂)
19	2	0,86
77	2	3,81
140	3,1	6,94
270	23	12,52
440	85	17,57

25

30

Para someter a ensayo las características de adsorción de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) a diferentes puntos de pH se realizó el siguiente estudio. Las soluciones de ensayo que contenían arsénico en forma de arseniato o arsenito se prepararon a puntos de pH variables de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 del documento de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. De 10 a 20 miligramos de la composición de óxido de cerio (IV) se colocaron en un recipiente de polietileno de 500 mililitros cerrado herméticamente y se suspendieron con aproximadamente 500 mililitros de la solución ensayo a puntos de pH como se describe en las Tablas 7 y 8. Las suspensiones resultantes se agitaron volteando los recipientes durante varias horas. Después de agitación, el agua del grifo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,2 micrómetros y se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros. A continuación los frascos se enviaron a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de

arsénico en cada muestra de líquido se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7

pH del agua	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,45	140	7,5	3,27
4,50	150	11	6,91
6,50	140	8	7,10
8,52	140	16	6,18
9,54	140	84	2,80
10,56	33	22	0,54

5

Tabla 8

pH del agua	Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,43	130	45	4,27
4,42	130	8	6,02
6,43	130	7	6,21
8,38	130	8	6,17
9,54	130	9	6,06
10,71	69	11	2,92

Para someter a ensayo la cinética de adsorción de arsénico del óxido cérico mencionado se realizó el siguiente estudio. Las soluciones de ensayo que contenían arsénico (V) en forma de arseniato se prepararon de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 del documento de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. 10 miligramos del óxido cérico, se colocaron en un recipiente de polietileno de 500 mililitros cerrado herméticamente y se suspendieron con aproximadamente 500 mililitros de la solución ensayo a diferentes puntos de pH que contenían arsénico a concentraciones que se describen en las Tablas 9 y 10. Las suspensiones resultantes se agitaron mediante volteado de los recipientes durante un periodo de tiempo establecido dado para cada muestra individual. Después de agitación, el agua del grifo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,2 micrómetros y se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros. A continuación los frascos se enviaron a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de arsénico en cada muestra de líquido se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en las Tablas 9 y 10.

10

15

20

Tabla 9

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
18	100	38	3,13	26,32
34	100	27	3,76	37,04
77	100	18	4,18	55,56
139	100	11	4,54	90,91

(continuación)

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
228	100	6,9	4,66	144,93
475	100	4,1	4,99	243,90

Tabla 10

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
19	87	50	1,86	20
36	87	38	2,36	26,32
122	87	8	3,87	125
496	87	2	4,31	400,00

- 5 Se prepararon soluciones de ensayo que contenían Fluoruro de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 del documento de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. 500 miligramos de la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo se colocaron en un recipiente de polietileno de 125 mililitros sellados herméticamente y se suspendió con aproximadamente 50 mililitros de la solución de ensayo con concentraciones de Fluoruro que se describen en la Tabla. Las suspensiones resultantes se agitaron volteando los recipientes durante varias horas. Después de agitación, la solución de ensayo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,45 micrómetros. La fracción filtrada se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros y se envió a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de arsénico en cada fracción filtrada se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11

Concentración inicial de Fluoruro antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (mg/l)	Concentración final de Fluoruro después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) (mg/l)	Capacidad de eliminación de fluoruro de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de F/g de CeO_2)
1,14	0,107	0,10
5,1	0,263	0,48
10,7	0,713	1,00
20,4	0,2533	1,80
48	15,600	3,21

- 20 Se prepararon soluciones de ensayo que contenían Fluoruro de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 del documento de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. 500 miligramos de la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo se colocaron en un recipiente de polietileno de 125 mililitros sellados herméticamente y suspendió con aproximadamente 50 mililitros de solución de ensayo a diferentes puntos de pH como se describe en la Tabla. Las suspensiones resultantes se agitaron volteando los recipientes durante varias horas. Después de agitación, la solución de ensayo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,45 micrómetros. La fracción filtrada se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros y se envió a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de arsénico en cada fracción filtrada se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en

la Tabla 12.

Tabla 12

pH del agua	Concentración final de Fluoruro después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de fluoruro de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,53	0,167	6,82
4,53	1,300	6,45
6,47	2,227	5,10
8,63	3,133	4,22
9,46	9,200	6,06
10,5	6,050	0,95

5 Ejemplos comparativos

Los ejemplos comparativos usan un óxido de cerio (IV) preparado calcinando $\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en un horno de mufla durante 2 horas. El óxido de cerio se representa con la fórmula química CeO_2 y el cerio tiene un estado de oxidación de +4. El óxido de cerio usado en los ejemplos comparativos tiene un potencial zeta de aproximadamente 16 mV a pH 7, un punto isoelectrónico de aproximadamente pH 8,8, aproximadamente 0,02 sitios ácidos/kg tal como se mide mediante titulación de potencial zeta, un tamaño de partícula D_{10} de aproximadamente 4 μm , tamaño de partícula D_{50} de aproximadamente 30 μm , un tamaño de partícula D_{90} de aproximadamente 90 μm , y un tamaño de cristalita de aproximadamente 19 nm.

15 Características de Eliminación Bacteriana de un Óxido de Cerio (IV)

El caldo de cultivo tratado en autoclave estaba formado por aproximadamente 30 g de caldo de cultivo de soja tréptico (TSB) y aproximadamente 1000 ml de agua desionizada. El caldo de cultivo tratado en autoclave se inóculo con una colonia pura de *Klebsiella oxytoca* y se incubó durante aproximadamente 4 horas a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius. Después de incubación, 1000 mg del óxido de cerio (IV) se cargaron en un matraz que contenía aproximadamente 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada, tras lo cual el matraz se colocó en un agitador de incubación. Las muestras se tomaron después de aproximadamente 1,4,8, y 24 horas y, a partir de ese momento, se diluyeron aproximadamente 1.000.000 de veces. Aproximadamente 100 μl de cada una de las muestras diluidas se extendió sobre placas de agar y se incubó a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius de aproximadamente 18 a aproximadamente 24 horas, tras lo cual se hizo a continuación el recuento del número de colonias. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 13 y La Fig. 5. La Fig. 5 muestra el recuento de *Klebsiella oxytoca* con respecto al tiempo de incubación para un control, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo, y para un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior (Ejemplo Comparativo). En comparación con el Control y el Ejemplo Comparativo, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo conduce a un recuento bacteriano menor a cada tiempo de incubación.

Tabla 13

Tiempo de Incubación (h)	Control (10^6 PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10^6 PFU/ml)	Ejemplo Comparativo de Óxido de Cerio (IV) (10^6 PFU/ml)
1	86	34	64
4	124	93	112
8	219	159	185
24	304	237	263

35 Características de Eliminación de Levadura de un Óxido de Cerio (IV)

El caldo de cultivo tratado en autoclave estaba formado por aproximadamente 30 g de caldo de cultivo de soja tréptico (TSB) y aproximadamente 1000 ml de agua desionizada. El caldo de cultivo tratado en autoclave se inóculo con una colonia pura de *Saccharomyces cerevisiae* y se incubó durante aproximadamente 4 horas a aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius. Después de incubación, aproximadamente 1000 mg del óxido de cerio (IV) se colocó en un matraz que contenía 100 ml de la solución de caldo de cultivo inoculada, tras lo cual el matraz se colocó en un agitador incubado. Las muestras se tomaron después de aproximadamente 1, 4, 8, y 24 horas y, a partir de ese momento, se diluyeron aproximadamente 1.000.000 de veces. Aproximadamente 100 μl de cada una de las muestras diluidas se extendió sobre placas de agar y se incubó a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente

38 grados Celsius de aproximadamente 18 a aproximadamente 24 horas, tras lo cual se hizo a continuación el recuento del número de colonias. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 14 y La Fig. 6. La Fig. 6 muestra el recuento de *Saccharomyces cerevisiae* con respecto al tiempo de incubación para un control, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo, y el óxido de cerio (IV) del Ejemplo Comparativo. Para un tiempo de incubación de 1 hora, el control conduce a un recuento de levadura menor en comparación tanto con la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo como con el óxido de cerio (IV) del Ejemplo Comparativo. Sin embargo, para un tiempo de incubación de 4 horas, aunque el control todavía conduce a un recuento de levadura menor que el Ejemplo Comparativo, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo conduce a un recuento de levadura menor que tanto el control como el Ejemplo Comparativo. Por último, para un tiempo de incubación de 8 horas, tanto la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo como el óxido de cerio (IV) del Ejemplo Comparativo superan al control, aunque la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo conduce a un recuento de levadura menor que el Ejemplo Comparativo.

Tabla 14

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo Comparativo de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
1	26	29	39
4	44	42	58
8	76	47	56

15 Características de Eliminación de Algas de un Óxido de Cerio (IV)

Se cultivó *Selenastum Capriocornutum* (UTEX) y aproximadamente 100 ml del cultivo se mezclaron con aproximadamente 250 mg de un óxido de cerio (IV) y aproximadamente 50 ml de Medio Bristol recién preparado. La mezcla se agitó a aproximadamente 400 rpm y aproximadamente 40,6 cm (16 pulgadas) de luces de incubación. Una muestra de aproximadamente tiene microlitros se tomó del reactor a aproximadamente 0,5, 4, 8, 24 y 48 horas. Cada muestra de 100 µl se colocó en un hemocitómetro (HASSEUR Scientific) y se observó con aumentos entre aproximadamente 300x y aproximadamente 400x. Se tomaron recuentos para cada célula visible dentro de rejillas de 0,015625 mm², la profundidad de la muestra en hemocitómetro es de 0,1 mm. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 15 y La Fig. 7. La Fig. 7 muestra el recuento de *Selenastum Capriocornutum* con respecto al tiempo de incubación con respecto a un control, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo, y el Ejemplo Comparativo (un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior). Para cada tiempo de incubación, el uso de la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo conduce a un recuento de algas menor en comparación tanto con el control como con el Ejemplo Comparativo.

Tabla 15

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo Comparativo de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
0,5	3,3	3,1	3,5
4	3,9	3,1	3,4
8	4,0	3,1	3,2
24	4,7	4,2	4,4
72	6,3	5,2	5,5

30 Características de Eliminación Viral de un Óxido de Cerio (IV)

Aproximadamente 500 ml de un agua (BFD) sin demanda tamponada (aproximadamente 500 ml de agua desionizada, aproximadamente 285 mg de Na₂HPO₄, y aproximadamente 440 mg de KH₂PO₄) se cargaron con aproximadamente 1 ml de una solución de reserva de bacteriófagos MS2; a partir de la cual se tomaron aproximadamente 100 ml de la solución y se mezclaron con aproximadamente 1000 mg del óxido de cerio (IV). A partir de ese momento, las muestras se tomaron a las 0,25, 4, 8, y 12 horas, cada muestra se diluyó aproximadamente 1.000.000 de veces. El hospedador bacteriano 15597 de *E. Coli* se usó para someter a ensayo las muestras. Aproximadamente 100 µl de las soluciones de *E. Coli* e se extendieron sobre placas de agar, tras lo cual las muestras se incubaron a una temperatura de aproximadamente 34 a aproximadamente 38 grados Celsius de aproximadamente 18 a 24 horas. Después del periodo de incubación, se hizo a continuación el recuento del número de colonias para cada una de las muestras. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en la Tabla 16 y La Fig. 8. La Fig. 8 muestra la concentración del Bacteriófago MS2 con respecto al tiempo de incubación para un control, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo, y el Ejemplo Comparativo (un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior). Aunque la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo supera al control en la reducción de forma eficaz del recuento de vivos a cada tiempo de incubación, y reduce de forma significativa el recuento viral en comparación con el control a tiempos de incubación de

4, 8, y 12 horas, la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo no reduce el recuento de una forma tan eficaz como el Ejemplo Comparativo.

Tabla 16

Tiempo de Incubación (h)	Control (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo de Composición de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)	Ejemplo Comparativo de Óxido de Cerio (IV) (10 ⁶ PFU/ml)
0,25	182	177	154
4	188	73	56
8	197	63	51
12	193	47	17

5

Potencial Zeta y Distribución del Tamaño de Partícula

La Fig. 9 muestra el potencial zeta tanto para el Ejemplo como para el Ejemplo Comparativo como una función de pH. El potencial zeta de la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo es más elevado que un pH de aproximadamente 4 hasta un pH de aproximadamente 8,5. Para un pH por encima de aproximadamente 8,5, el Ejemplo Comparativo tiene un potencial zeta mayor.

10

La Fig. 10 muestra la distribución del tamaño de partícula tanto para el Ejemplo como para el Ejemplo Comparativo. La distribución del tamaño de partícula del Ejemplo es mucho menos uniforme que la del Ejemplo Comparativo, y la composición de óxido de cerio (IV) del Ejemplo también tiene un tamaño de partícula promedio menor el Ejemplo Comparativo.

15

Eliminación de Arsénico y Fluoruro

Se prepararon soluciones de ensayo que contenían arsénico(V) de acuerdo con las directrices para agua de Eliminación de Arsénico NSF 53 tal como se especifica en la sección 7.4.1.1.3 del documento NSF/ANSI 53 del documento de estándares de efectos sobre la salud de unidades de tratamiento de agua potable. 20 miligramos de óxido de cerio (IV) disponible en el mercado (CeO₂ preparado por calcinación de Ce₂(CO₃)₃·6H₂O y que tiene un potencial zeta de aproximadamente 16 mV a pH 7, un punto isoeléctrico de aproximadamente pH 8,8, un tamaño de partícula D₁₀ de aproximadamente 4 um, tamaño de partícula D₅₀ de aproximadamente 30 um, un tamaño de partícula D₉₀ de aproximadamente 90 um, y un tamaño de cristalita de aproximadamente 19 nm en un horno de mufla durante 2 horas), se colocaron en un recipiente de polietileno de 500 mililitros cerrado herméticamente y se suspendió con aproximadamente 500 mililitros de una solución de ensayo de arsénico a concentración que se describen en las Tablas 1-8. Las suspensiones resultantes se agitaron volteando los recipientes durante varias horas. Después de agitación, la solución de ensayo se separó de los sólidos mediante filtración a través de un filtro de jeringa de 0,45 micrómetros. La fracción filtrada se cerró herméticamente en frascos de muestra de plástico de 125 mililitros y se envió a un laboratorio de análisis de agua potable certificado en el que la cantidad de arsénico en cada fracción filtrada se determinó mediante espectroscopía de masas ICP. Los resultados de estos ensayos se presentan a continuación en las Tablas 5-12.

35

Tabla 17

Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cérico (µg/l)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cérico (µg/l)	Capacidad de eliminación de arsénico de óxido de cérico (mg de As/g de CeO ₂)
19	15	0,20
78	65	0,64
190	170	1,00
290	260	1,48
480	443	1,84

Tabla 18

Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con un óxido de cerio (IV) de la técnica anterior ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con óxido de cerio (IV) de la técnica anterior ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de un óxido de cerio (III) de la técnica anterior (mg de As/g de CeO_2)
20	2,9	0,85
79	13	3,25
140	32	5,42
270	92	8,78
450	200	12,54

Tabla 19

pH del agua	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,45	140	39	5,15
4,50	150	12	6,89
6,50	140	46	4,75
8,52	140	110	1,50
9,54	140	127	0,67
10,56	33	25	0,38

5

Tabla 20

pH del agua	Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,43	130	22	5,23
4,42	130	5	6,29
6,43	130	14	5,73
8,38	130	35	4,61
9,54	130	61	3,50
10,71	69	36	1,66

Tabla 21

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
19	100	95	0,25	10,53
34	100	92	0,41	10,87
68	100	87	0,65	11,49
129	100	82	0,88	12,20
222	100	76	1,21	13,16

(continuación)

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (V) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (V) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
470	100	68	1,60	14,49

Tabla 22

Tiempo de Equilibrio (min)	Concentración inicial de arsénico (III) antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de arsénico (III) después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)	Inversa de la capacidad de eliminación de arsénico de la composición de óxido de cerio (IV) (1/mg de As/g de CeO_2)
19	87	78	045	12,82
35	87	80	036	12,50
68	87	66	10C)	15,15
122	87	59	147	16,95
257	87	52	168	19,23
485	87	49	188	20,41

5

Tabla 23

Concentración inicial de Fluoruro antes de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Concentración final de Fluoruro después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de fluoruro de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de F/g de CeO_2)
1,14	0,107	0,10
5,1	0,263	0,48
10,7	0,713	1,00
20,4	0,2533	1,80
48	15,600	3,21

Tabla 24

pH del agua	Concentración final de Fluoruro después de tratamiento con la composición de óxido de cerio (IV) ($\mu\text{g/l}$)	Capacidad de eliminación de fluoruro de la composición de óxido de cerio (IV) (mg de As/g de CeO_2)
2,53	0,167	6,82
4,53	1,300	6,45
6,47	2,227	5,10
8,63	3,133	4,22
9,46	9,200	6,06
10,5	6,050	0,95

10 Los datos de eliminación de arsénico (III) y arsénico (V) tal como se representan en las Tablas 5-10 para la composición de óxido de cerio (IV) y en las Tablas 17-22 para el óxido de cerio (IV) de la técnica anterior muestran claramente que la composición de cerio (IV) tiene propiedades esperadas con respecto al arsénico (III) y al arsénico (IV). En otras palabras, una persona con una experiencia habitual en la materia de la química de tratamiento de tierras raras y/o aguas no podría esperar que la composición de óxido de cerio (IV) de la presente divulgación pudiera eliminar el

5 arsénico de una corriente acuosa de una forma diferente a la del óxido de cerio (IV) de la técnica anterior. Además, la composición de óxido de cerio (IV) elimina el fluoruro de una sustancia acuosa diferente al óxido de cerio (IV) de la técnica anterior, como se representa en las Tablas 11, 12, 22 y 23. También se ha encontrado que estas propiedades sorprendentes inesperadas también se podrán aplicar a la eliminación de contaminantes biológicos como se muestra en las Tablas 1-4 y 13-16.

10 Sin desear quedar ligado a ninguna teoría, los ejemplos que se han mencionado anteriormente ilustran que la composición de óxido de cerio (IV) realizada en la presente divulgación proporciona un rendimiento de eliminación de contaminantes biológicos mucho mejor debido a sus características materiales únicas.

15 La presente divulgación, en diversos aspectos, realizaciones, y configuraciones, incluye componentes, métodos, procesos, sistemas y/o aparatos básicamente tal como se representan y describen en el presente documento, incluyendo diversos aspectos, realizaciones, configuraciones, sub-combinaciones, y subconjuntos de los mismos. Las personas con experiencia en la materia entenderán cómo preparar y usar los diversos aspectos, realizaciones como configuraciones, después de la comprensión de la presente divulgación.

20 La discusión de la divulgación que se ha mencionado anteriormente se ha presentado para fines de ilustración y descripción. Lo mencionado anteriormente no pretende limitar la divulgación a la forma o formas que se desvelan en el presente documento. Por ejemplo, en la Descripción Detallada que se ha mencionado anteriormente, diversas características de la divulgación se agrupan juntas en uno o más, aspectos, realizaciones, y configuraciones con el fin de racionalizar la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para eliminar contaminantes biológicos de una corriente acuosa, que comprende:

5 poner en contacto una composición de óxido de cerio (IV) con una corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos, en donde son ciertos los siguientes puntos:

- 10 (i) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta a pH 7 no superior a 30 mV y superior a 1 mV;
 (ii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a 0,5 μm y no superior a 7 μm ;
 (iii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{50} superior a 2 μm y no superior a 20 μm ;
 (iv) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{90} superior a 12 μm y no superior a 50 μm ;
 15 (v) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de cristalita superior a 1 nm y no superior a 22 nm; y
 (vi) la composición de óxido de cerio (IV) tiene una concentración de sitios ácidos superior a 0,0001 sitios ácidos/kg y no superior a 0,020 sitios ácidos/kg; y

20 en donde la puesta en contacto de la composición de óxido de cerio (IV) con la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos elimina una cierta parte del contaminante biológico de la corriente acuosa que contiene contaminantes biológicos.

2. El método de la reivindicación 1, en el que el contaminante biológico se selecciona entre el grupo que consiste en bacterias, levaduras, algas y virus.

25 3. El método de la reivindicación 1, en el que el contaminante biológico es uno seleccionado entre el grupo de *Klebsiella oxytoca*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Selenastum capriocornutum* y el bacteriófago MS2.

4. El método de la reivindicación 1, en el que son ciertos uno o más de los siguientes puntos:

- 30 (a) el potencial zeta a pH 7 es de 7,5 a 12,5 mV;
 (b) el tamaño de partícula D_{10} es de 1 a 3 μm ;
 (c) el tamaño de partícula D_{50} es de 7,5 a 10,5 μm ;
 (d) el tamaño de partícula D_{90} es de 20 a 30 μm ; y
 35 (e) el tamaño de cristalita es de 7,5 a 12,5 nm.

5. Un dispositivo de eliminación de contaminantes biológicos, que comprende:

40 una entrada para recibir una corriente acuosa que tiene un primer nivel de un contaminante biológico;
 una cámara de contacto, en comunicación fluida con la entrada y que contiene una composición de óxido de cerio (IV) para entrar en contacto con la corriente acuosa, en donde son ciertos los siguientes puntos (i)-(vi):

- 45 (i) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un potencial zeta a pH 7 no superior a 30 mV y superior a 1 mV;
 (ii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{10} superior a 0,5 μm y no superior a 7 μm ;
 (iii) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{50} superior a 2 μm y no superior a 20 μm ;
 (iv) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de partícula D_{90} superior a 12 μm y no superior a 50 μm ;
 50 (v) la composición de óxido de cerio (IV) tiene un tamaño de cristalita superior a 1 nm y no superior a 22 nm; y
 (vi) la composición de óxido de cerio (IV) tiene una concentración de sitios ácidos superior a 0,0001 sitios ácidos/kg y no superior a 0,020 sitios ácidos/kg; y

55 en donde la corriente acuosa tiene un primer nivel de contaminante biológico antes de entrar en contacto con la composición de óxido de cerio (IV) y un segundo nivel de contaminante biológico después de entrar en contacto con el óxido de cerio (IV), en donde el primer nivel de contaminante biológico es mayor que el segundo nivel de contaminante biológico, y
 una salida en comunicación fluida con la cámara de contacto para evacuar la corriente acuosa que tiene el segundo nivel de contaminante biológico.

60 6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que el contaminante biológico se selecciona entre el grupo que consiste en bacterias, levaduras, algas y virus.

65 7. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que el contaminante biológico es uno seleccionado entre el grupo de *Klebsiella oxytoca*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Selenastum capriocornutum* y el bacteriófago MS2.

8. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que son ciertos uno o más de los siguientes puntos:

- 5
- (a) el potencial zeta a pH 7 es de 7,5 a 12,5 mV;
 - (b) el tamaño de partícula D_{10} es de 1 a 3 μm ;
 - (c) el tamaño de partícula D_{50} es de 7,5 a 10,5 μm ;
 - (d) el tamaño de partícula D_{90} es de 20 a 30 μm ; y
 - (e) el tamaño de cristalita es de 7,5 a 12,5 nm.

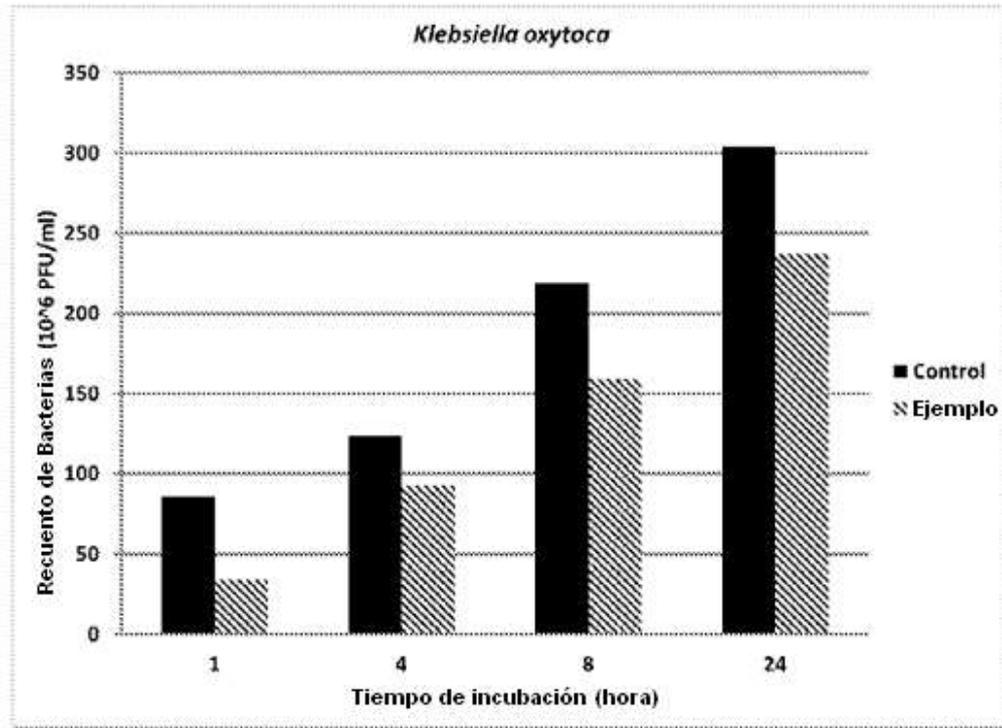


Fig. 1

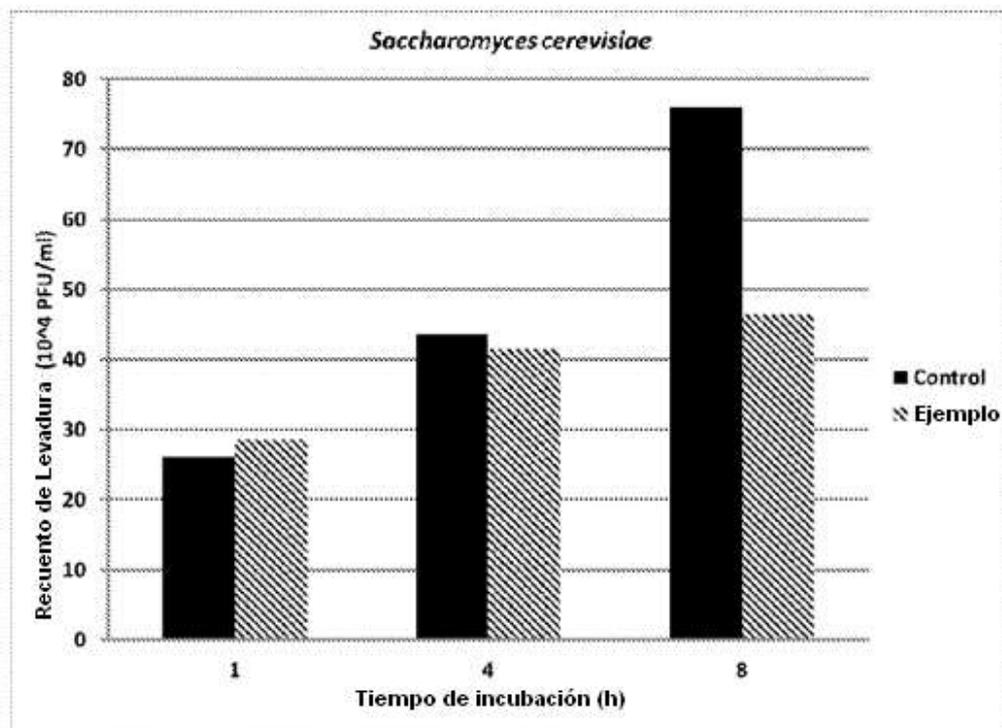


Fig. 2

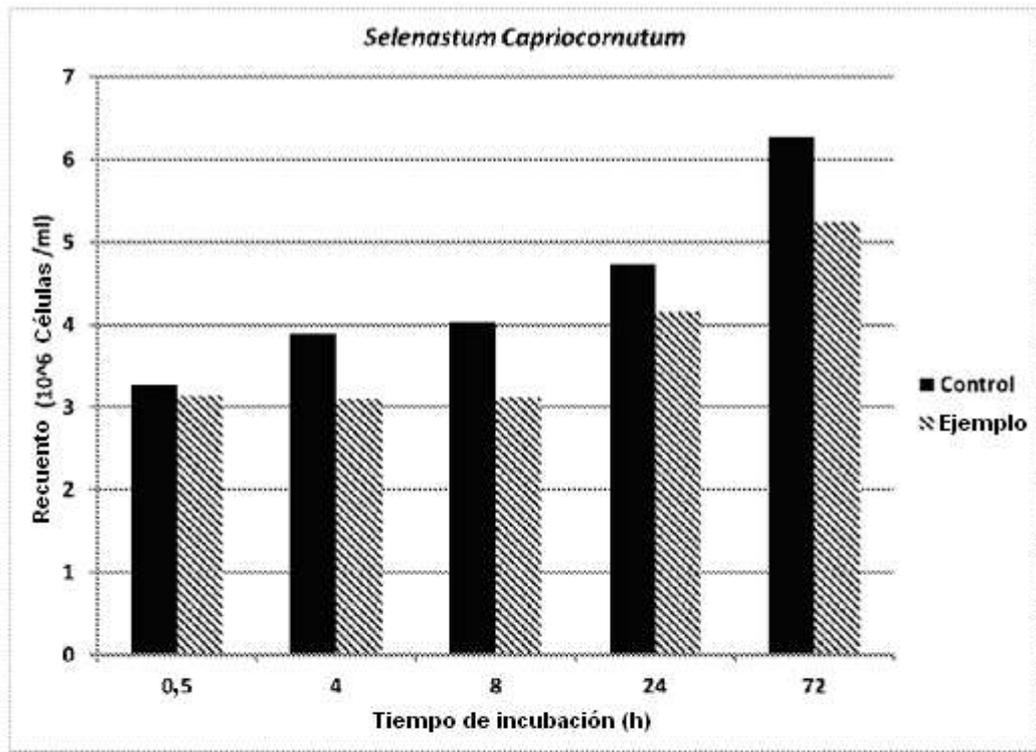


Fig. 3

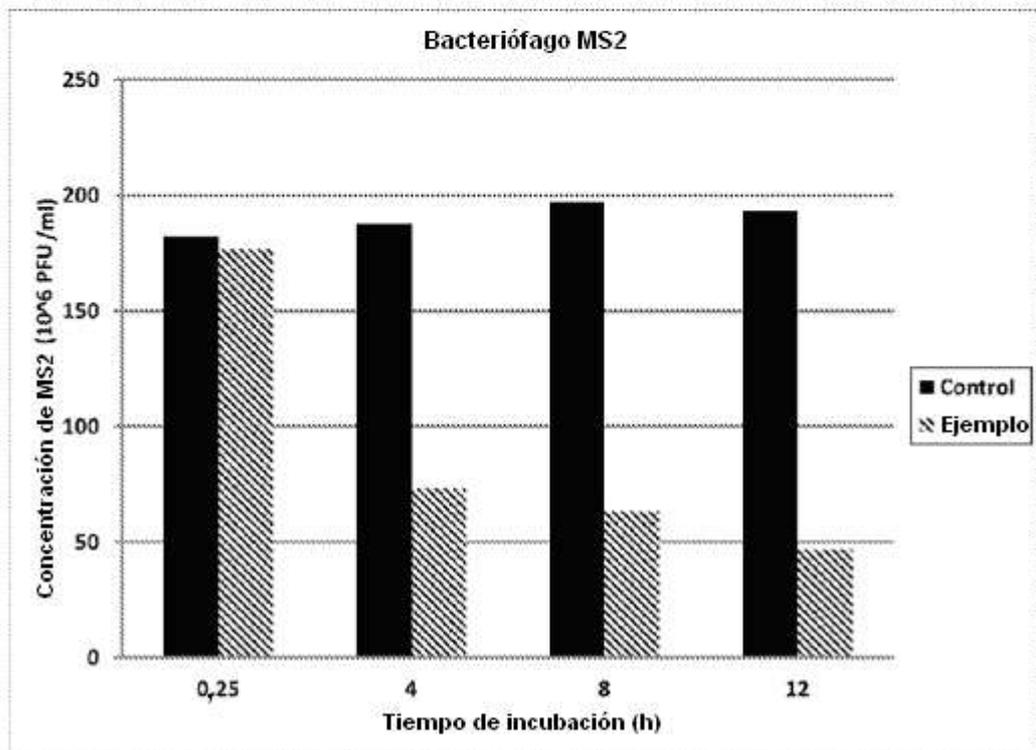


Fig. 4

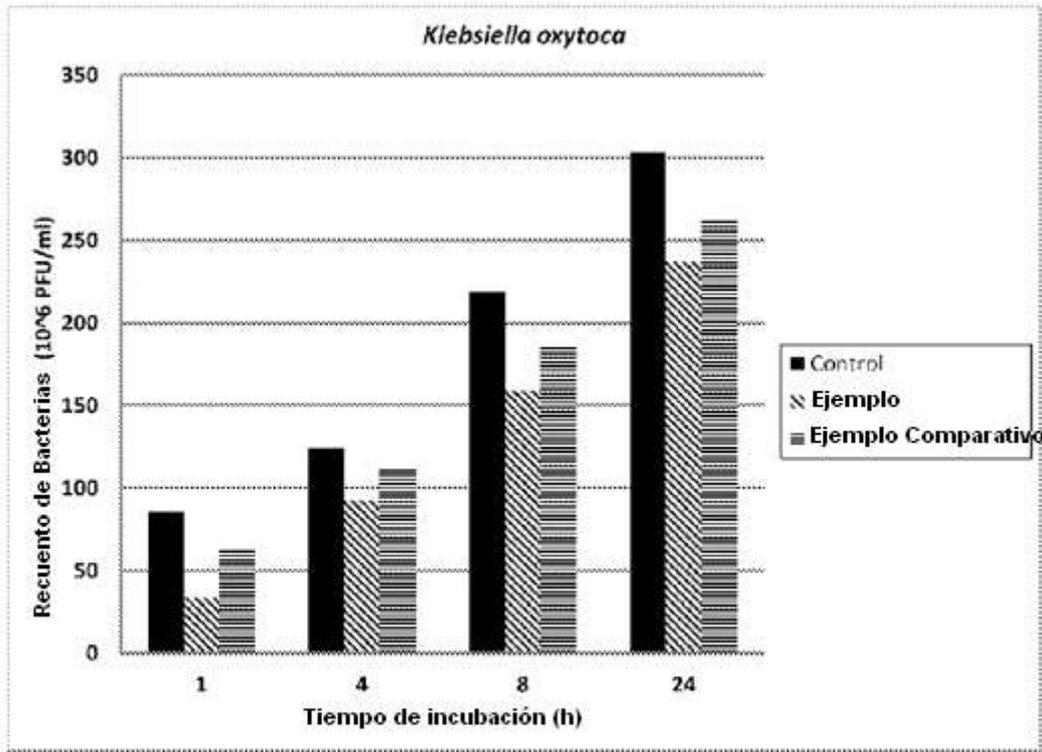


Fig. 5

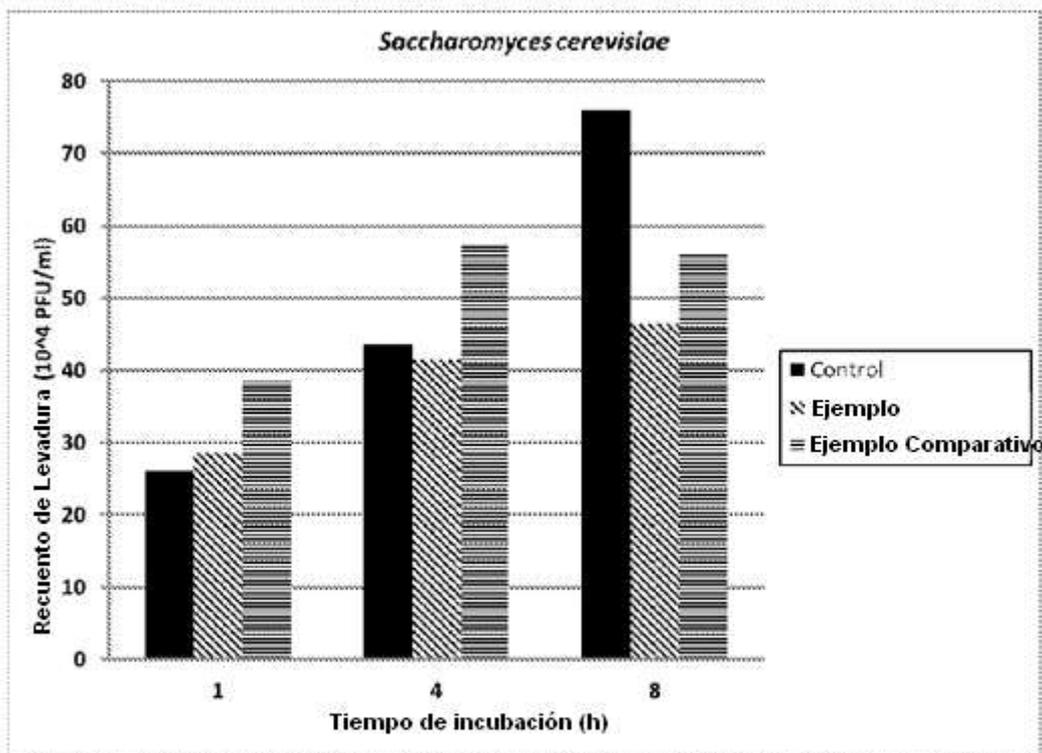


Fig. 6

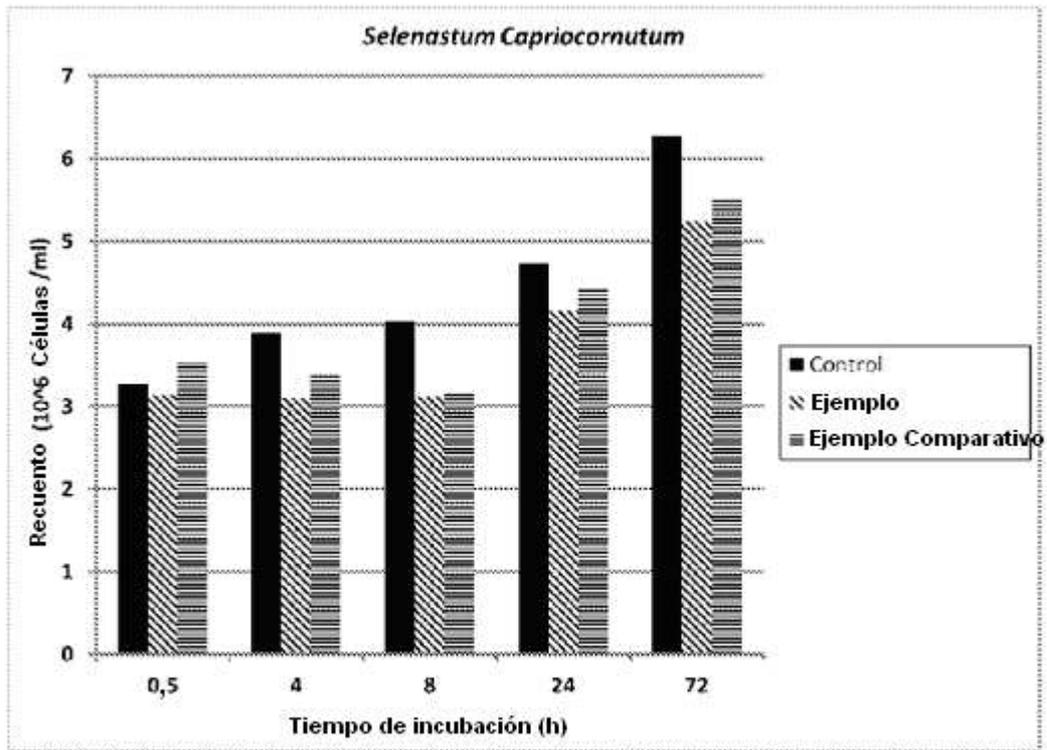


Fig. 7

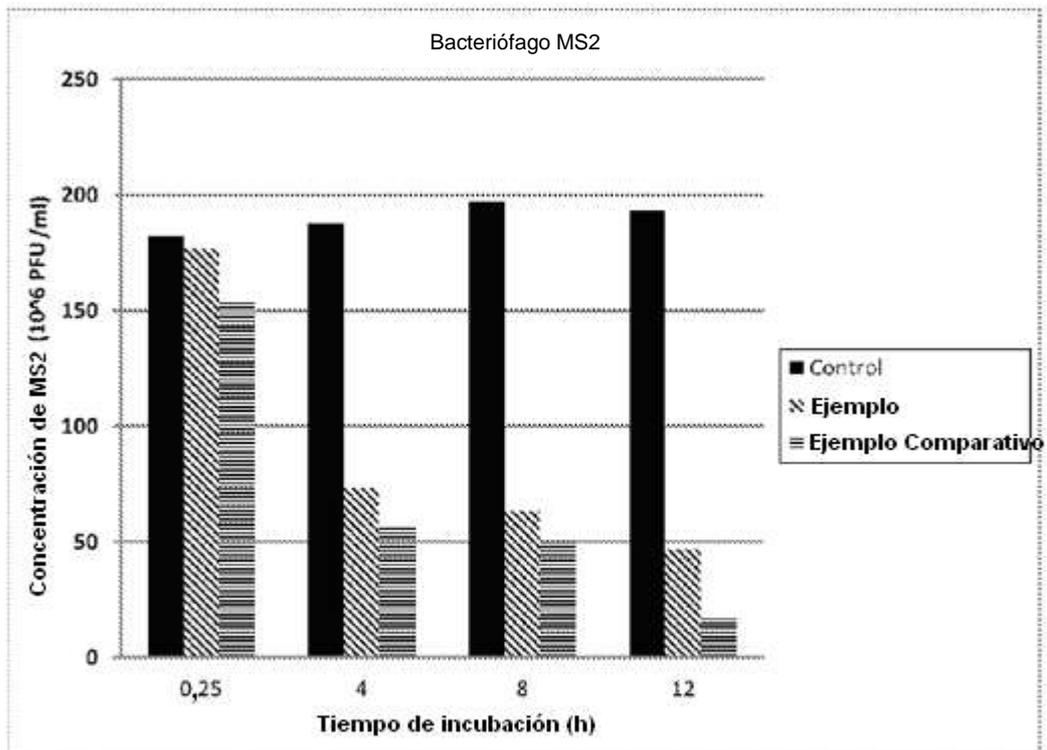


Fig. 8

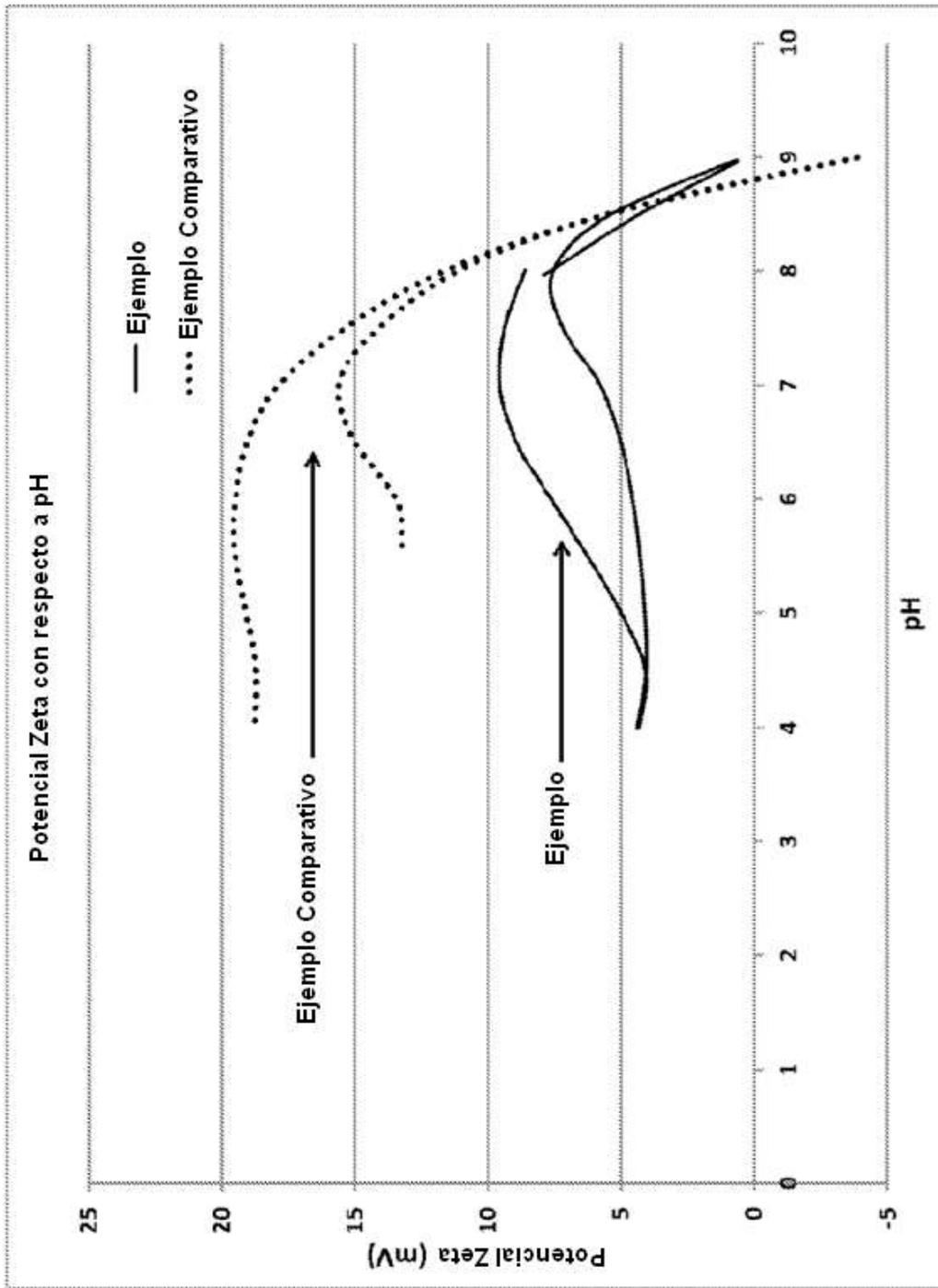


Fig. 9

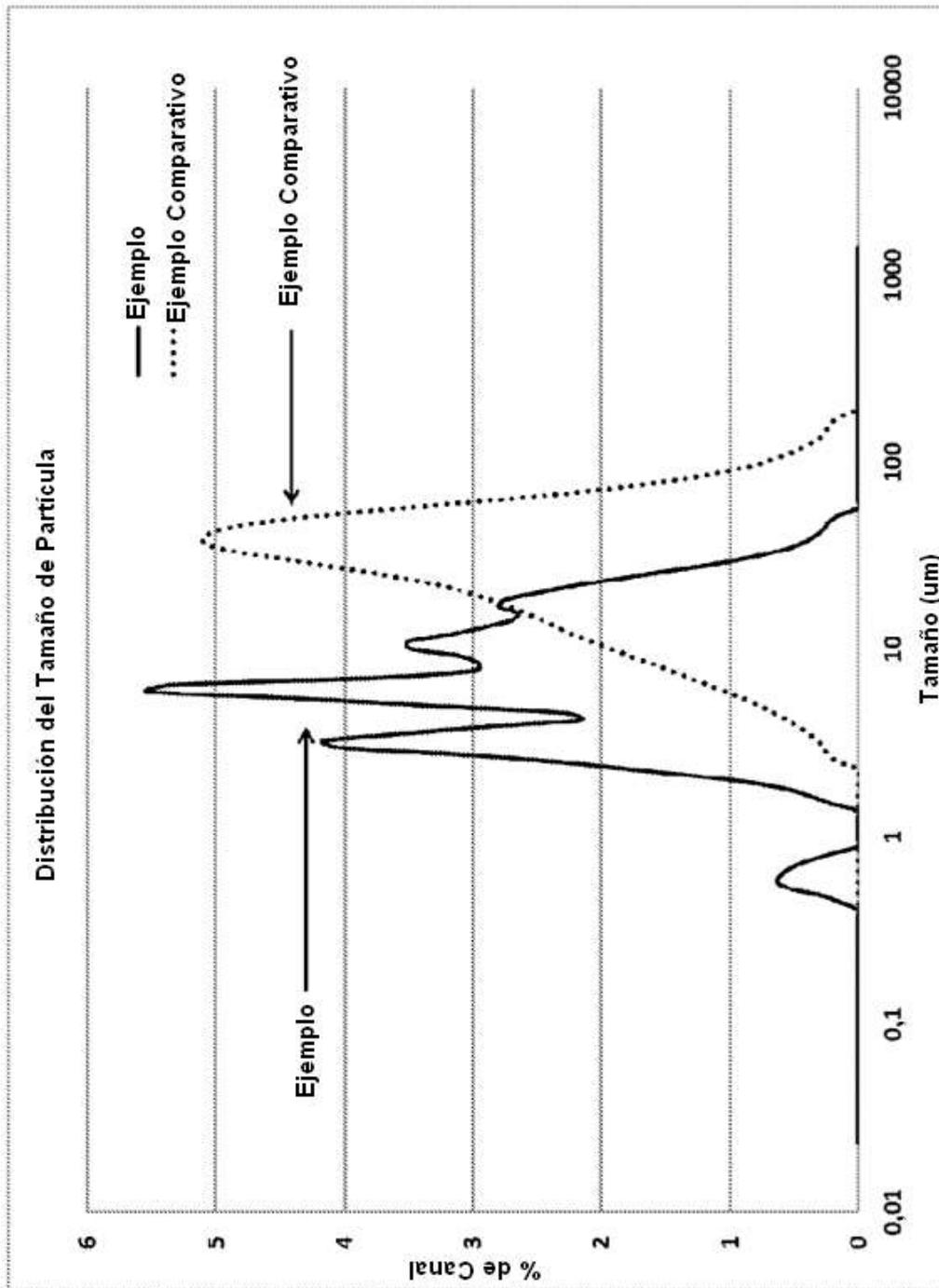


Fig. 10