

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 295**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2013.01)

C02F 101/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2018** **PCT/IB2018/001621**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020** **WO20128560**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2018** **E 18863791 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 3898530**

54 Título: **Método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
30.09.2024

73 Titular/es:

SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
Tour CB21 16 Place de l'Iris
92040 Paris La Défense Cedex, FR

72 Inventor/es:

COURTOIS, SOPHIE;
STEINMANN, DELPHINE;
NEWCORBE, GAYLE y
VAN DER LINDEN, LÉON

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 980 295 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 para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa

5 **Campo de la invención**

La presente invención tiene lugar en el campo del tratamiento de agua, y más precisamente en el campo de la eliminación de cianobacterias y/o metabolitos de cianobacterias en una disolución acuosa. La presente invención se refiere a un ajuste adaptativo para eliminación de cianobacterias y/o metabolitos de cianobacterias en una disolución acuosa.

Antecedentes de la técnica anterior

Las aguas superficiales no tratadas están sujetas a cambios climáticos naturales y actividades del ser humano, que pueden generar un impacto significativo sobre ecosistemas acuáticos y pueden dar como resultado un rápido desarrollo de especies biológicas acuáticas tales como brotes de cianobacterias. Las cianobacterias pueden alterar la calidad del agua mediante su presencia y producción de metabolitos, es decir toxinas y compuestos con sabor y olor. Las toxinas cianobacterianas (o cianotoxinas), tales como microcistinas, cilindrospermopsina y saxitoxinas, son perjudiciales para el medio ambiente y para la salud de animales y seres humanos.

En muchos países se exponen reglamentos.

Por ejemplo, en "Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management", la Organización Mundial de la Salud propuso una directriz para una alerta sanitaria moderada en aguas recreativas: se propuso una densidad de 100.000 células/ml y una concentración de microcistina de 1 microgramo por litro.

Como otro ejemplo, en junio de 2015, la Agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos recomendó niveles de avisos para la salud a o por debajo de 1,6 microgramos por litro para microcistinas y 3,0 microgramos por litro para cilindrospermopsina en agua potable para niños en edad escolar hasta adultos. Aunque no son regulatorios, estos avisos para la salud son una directriz técnica que proporciona información sobre los efectos para la salud.

Se aplican tratamientos del agua con el objetivo de rectificar la totalidad o parte de los defectos encontrados en el agua y provocados por fracciones de partículas inertes o vivas. Entre esta fracción viva pueden encontrarse las cianobacterias.

Los métodos clásicos comprenden el uso de filtros en determinados puntos. Sin embargo, los filtros no pueden realizar una purificación de agua completa debido a problemas de obstrucción. Puede llevarse a cabo un tratamiento de agua específico para evitar que los filtros se obstruyan.

Los elementos de tratamiento de cianobacterias y sus metabolitos asociados, tales como toxinas y compuestos con sabor y olor (compuestos T&O), para plantas de agua potable incluyen el establecimiento de una monitorización de cianobacterias y de sus metabolitos asociados, y métodos de tratamiento para eliminar toxinas.

Las plantas de tratamiento de agua usan de manera notable aclaramiento y precisamente coagulación para eliminar cianobacterias y usan otro tratamiento para eliminar metabolitos intracelulares. Resulta importante eliminar las cianobacterias antes de que liberen metabolitos. Pero, dado que con frecuencia es difícil prevenir la liberación de metabolitos, con frecuencia también tienen que eliminarse.

Por tanto, además, la capacidad para monitorizar cianobacterias de manera rápida y precisa, así como metabolitos asociados, con el fin de identificar correctamente la superación de un umbral de alerta, es un factor clave en la implementación de una estrategia de gestión de riesgos satisfactoria para la producción de agua potable y reutilización de agua.

Además, con el fin de disponer de una eliminación eficiente de cianobacterias y metabolitos asociados, un factor clave es ajustar dosis químicas con el fin de alcanzar una concentración final objetivo de dichas cianobacterias y metabolitos asociados.

Monitorización de cianobacterias

Una solución directa para monitorizar cianobacterias es analizar una muestra de una disolución acuosa con el fin de evaluar la concentración de cianobacterias. El recuento de cianobacterias mediante método microscópicos permite determinar una estimación fiable de la concentración de cianobacterias. Sin embargo, tal sistema no puede proporcionar resultados en línea debido a la recogida de muestras y requiere personal altamente cualificado. De hecho, la biomasa de cianobacterias y la composición de la comunidad son altamente variables en el espacio y el tiempo. Por tanto, las técnicas que necesitan pruebas de laboratorio para evaluar la concentración de cianobacterias no pueden

proporcionar resultados fiables en línea.

Otra solución para monitorizar cianobacterias y metabolitos asociados es la cuantificación de especies de cianobacterias y genes responsables de metabolitos, y especialmente producción de toxinas, basándose en reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (PCR). Una vez más, tal método no puede proporcionar resultados *in situ* y requiere personal cualificado. Adicionalmente, la PCR en tiempo real es larga y cara.

En cambio, las sondas fluorométricas pueden proporcionar una estimación *in situ* y en tiempo real de la concentración de cianobacterias al tiempo que también son rápidas y económicas. Tales sondas pueden medir la intensidad y distribución de longitud de onda de un espectro de emisión. Las cianobacterias contienen pigmentos, más precisamente ficobiliproteínas, tales como clorofila, ficoeritrina y ficocianina, que emiten a diferentes longitudes de onda. Por tanto, las sondas fluorométricas pueden medir la cantidad de un pigmento en un medio, presentando unidades de fluorescencia relativas (UFR) y convirtiéndolas en una concentración en células por ml.

Sin embargo, el contenido en pigmento es variable entre especies y depende de las condiciones ambientales. Como consecuencia, la concentración de cianobacterias obtenida mediante sondas fluorométricas puede no ser fiable.

Además, la producción de metabolitos, y especialmente de toxinas, es de naturaleza transitoria y difícil de predecir. Los tipos de toxinas producidas pueden variar en el espacio y el tiempo, haciendo que la monitorización sea complicada. Deben usarse métodos analíticos para detectar varios tipos de toxinas, pero no pueden proporcionar resultados en línea.

En "Cyanobacterial management in full-scale water treatment and recycling processes: reactive dosing following intensive monitoring", publicado en Environmental Science: Water Research & Technology 2 (2016), págs. 362-375, Arash Zamyadi *et al.* describieron el uso de fluorescencia de ficocianina *in situ* para monitorizar la concentración de cianobacterias. Con el fin de obtener una concentración de cianobacterias fiable, se llevó a cabo una identificación y recuento de especies de cianobacterias en muestras usando un microscopio compuesto en una cámara de recuento de Sedgewick-Rafter. Por consiguiente, usando una técnica de este tipo, este método no puede proporcionar resultados rápidos y económicos sobre la concentración de cianobacterias e identificación de especies.

Monitorización de cianotoxinas/metabolitos

El tratamiento de un efluente acuoso consiste, en cuanto a la parte orgánica, no solo en la eliminación de cianobacterias sino también en la eliminación de compuestos de metabolitos. Tales compuestos pueden estar contenidos fuera de las cianobacterias y considerarse como metabolitos disueltos, pero también pueden estar dentro de las cianobacterias y, por tanto, deben considerarse como riesgo, inducido por cianobacterias, de excretarse. Es importante poder monitorizar estos metabolitos en una disolución acuosa.

Eliminación de cianobacterias usando coagulante

Con el fin de eliminar cianobacterias del agua, pueden llevarse a cabo diferentes tratamientos.

Entre los diferentes tratamientos, el más habitual es la coagulación, que es un procedimiento químico que implica la neutralización de una carga. Puede usarse coagulación como etapa preliminar en la filtración. Es particularmente importante evitar que los filtros usados en la filtración se obstruyan mediante la acumulación de partículas biológicas y químicas, por ejemplo cianobacterias. Por ejemplo, puede determinarse una concentración máxima de cianobacterias para evitar la obstrucción. La mayoría de los coagulantes conocidos son sales de hierro y aluminio, pero se ha encontrado que otros metales también son eficaces. La coagulación es una etapa clave en el procedimiento de tratamiento de agua, especialmente para la eliminación de cianobacterias.

Sin embargo, el procedimiento de coagulación es caro para el tratamiento de agua, representando uno de los costes más importantes, principalmente debido al coste de coagulante. Además, añadir demasiado coagulante a un agua que va a tratarse dejará el exceso de coagulante restante en el agua. Generalmente no se aborda el riesgo de dosificar coagulante en exceso. Por ejemplo, el operario ajusta la dosis de coagulante para que tenga un valor de fluorescencia inferior en el agua en reposo pero no sabe cuál es el valor de dosis más bajo que puede lograrse y si la dosis de coagulante aplicada es el mejor compromiso.

De hecho, durante mucho tiempo, el objetivo seleccionado de optimizar el procedimiento de coagulación del tratamiento de agua para maximizar la eliminación de células de cianobacterias ha sido fuente de una gran cantidad de investigación.

"A methodology for optimizing the removal of cyanobacteria cells from a Brazilian eutrophic water", publicado en el Brazilian journal of Chemical Engineering, volumen 27, págs. 113-126, M. De Julio *et al.*, emprendió una metodología experimental para construir el diagrama de coagulación de dosis-pH basándose en la turbidez residual.

Sin embargo, para llevar a cabo sus experimentos, recopilaron muestras en diciembre de 2007, y las almacenaron

durante menos de un mes. Además, para la identificación cualitativa de poblaciones de cianobacterias usaron un microscopio óptico binocular y para la identificación cuantitativa de cianobacterias usaron el método de Utermöhl, que requiere 24-48 h de reposo.

- 5 Por tanto, tal método no puede proporcionar mediciones en línea fiables y, como consecuencia, no puede proporcionar una optimización en tiempo real de la dosis química de coagulante que va a usarse, especialmente al enfrentarse a brotes de cianobacterias.

Eliminación de cianotoxinas usando carbono activado en polvo

- 10 Con el fin de eliminar metabolitos de cianobacterias a partir del agua, pueden llevarse a cabo múltiples tratamientos.

- 15 La opción principal es el uso de carbono activado en polvo (PAC), producto químico típico usado para el control de acontecimientos de contaminación estacionales u ocasionales. La adsorción de carbono permite eliminar contaminantes de corrientes de agua. Es una barrera de tratamiento eficaz para la eliminación de compuestos con sabor y olor extracelulares así como cianotoxinas.

- 20 La dosis de carbono activado en polvo se basa con frecuencia en la turbidez: la turbidez representa el número de partículas individuales en agua y es un parámetro clave para la calidad del agua. Sin embargo, la concentración medida mediante turbidez corresponde a la concentración de partículas en suspensión en una muestra de agua y no está relacionada únicamente con la concentración de cianobacterias y metabolitos de cianobacterias. Por tanto, la elección de la dosis de carbono activado en polvo no solo depende de las cianobacterias y la concentración de sus metabolitos asociados.

- 25 Por consiguiente, una evaluación de dosis de carbono activado en polvo basándose en una única medición de la turbidez no puede optimizarse para eliminar cianobacterias y metabolitos asociados.

- 30 Otra opción para un método más preciso se basa en ensayos de laboratorio específicos de sitio, tales como ensayos de isotermas y cinética usando el modelo de difusión de superficie homogénea (HSDM). El método se basa en la difusión de moléculas de soluto sobre la superficie de poros internos dentro de partículas adsorbentes. Permite predecir determinadas dosis de carbono requeridas para el tratamiento de agua potable usando la isoterma de adsorción de Freundlich.

- 35 Sin embargo, estos ensayos no pueden llevarse a cabo en línea en plantas de tratamiento. Estos ensayos de laboratorio son extensos y caros. Estos ensayos de laboratorio no pueden llevarse a cabo antes de acontecimientos de brotes de cianobacterias y los resultados se proporcionan sistemáticamente demasiado tarde. Como consecuencia, y por seguridad, siempre se dosifica carbono activado en polvo en exceso durante los acontecimientos de brotes de cianobacterias, que pueden reconocerse con acontecimientos de sabores y olores, o cuando se sospecha que hay toxinas con el fin de garantizar la calidad del agua tratada.

- 40 En "Prediction of powdered activated carbon (PAC) doses for 2-MIB removal in drinking water treatment using a simplified HSDM approach", publicado en *Chemosphere* 156 (2016), págs. 374-382, Jianwei Yu *et al.* simplifican una constante de isoterma, denominada valor de Freundlich $1/n$, suponiendo que está en un intervalo de desde 0,2 hasta 0,6. Esta suposición permite predecir dosis de carbono activado en polvo usando HSDM llevando a cabo tan solo un conjunto de experimentos de adsorción cinéticos de 4 horas. 2-MIB representa 2-metilisoborneol y es un producto químico orgánico producido por cianobacterias tales como *Anabaena*, responsable de problemas de sabor y olor en el tratamiento y la distribución de agua potable.

- 50 A pesar de la eficiencia de la simplificación de la constante de isoterma, un enfoque de este tipo sigue siendo demasiado largo y caro para los operarios de la planta durante acontecimientos de brotes de cianobacterias. No hay ningún enfoque que permita el ajuste de carbono activado en polvo sin ensayos de isotermas y cinética. Dicho de otro modo, no hay ningún enfoque predictivo, que no requiera mucho tiempo y que no sea caro para los operarios de la planta de tratamiento, especialmente durante acontecimientos de brotes de cianobacterias, y que pueda usar resultados en línea. También se conoce, a partir del documento CN107381753, un método para eliminar microalgas usando un floculante (policloruro de aluminio (PACI)).

- 60 En resumen, no hay ningún enfoque global para control y coagulación de cianobacterias que pueda aplicarse a todos los tipos de disoluciones acuosas, con diferentes parámetros de calidad tales como concentración de cianobacterias, concentración de metabolitos o turbidez, y que pueda tener en cuenta las especificidades de diferentes especies de cianobacterias y pueda definir cuál es el mejor compromiso para alcanzar la máxima eliminación de cianobacterias sin dosificación excesiva de coagulante. Y tampoco hay ningún enfoque global para el control y tratamiento de metabolitos de cianobacterias.

- 65 Por tanto, existe una necesidad de un tratamiento de eliminación de cianobacterias y/o metabolitos de cianobacterias más preciso en una disolución acuosa. Existe una necesidad de estimar una dosis ajustada de coagulante para eliminar cianobacterias, y existe una necesidad de una estimación precisa, fiable, adaptativa, rápida y en línea de tal

dosis. También existe una necesidad de estimar una dosis ajustada de carbono activado en polvo para eliminar metabolitos de cianobacterias asociados. Existe otra necesidad de estimar la concentración de cianobacterias así como la concentración de metabolitos asociados para obtener estimaciones de dosis más precisas.

5 Sumario de la invención

Para ello, la invención da a conocer un método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa, que comprende una primera etapa principal de determinar un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse correspondiente a una concentración en porcentaje de cianobacterias que va a eliminarse, una
10 segunda etapa principal de determinar una dosis de coagulante óptima correspondiente al porcentaje determinado de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse y una tercera etapa principal de aplicar dicha dosis de coagulante óptima como dosis de coagulante ajustada para la eliminación de cianobacterias.

Los inventores han encontrado sorprendentemente que, en contra de la percepción habitual, la eliminación de
15 partículas mediante coagulación tales como cianobacterias no puede vincularse fácilmente a la turbidez. De hecho, en la percepción habitual, la turbidez no es un análisis que permita una medición fiable de la concentración de cianobacterias aunque se ha usado habitualmente y la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa está bastante relacionada con la reducción de materia orgánica aromática disuelta en una disolución acuosa.

Por tanto, un método de este tipo permite un mejor cálculo de dosis de coagulante para la eliminación de cianobacterias con el fin de alcanzar una concentración de cianobacterias seleccionada como objetivo antes de posibles tratamientos de agua adicionales. Permite reducir la cantidad de coagulante que va a usarse y, por tanto, un ahorro considerable.

Ventajosamente, la dosis de coagulante óptima para eliminar un porcentaje dado de materia orgánica aromática coagulable puede determinarse mediante al menos una prueba basada en resultados de absorbancia UV, por ejemplo obtenidos mediante pruebas de jarras realizadas con dosis de coagulante crecientes.

Puede detectarse materia orgánica aromática disuelta mediante absorbancia UV a lo largo de un procedimiento de coagulación, lo que por tanto es un buen indicador del rendimiento de coagulación aunque la absorbancia UV no mide
30 directamente la concentración de cianobacterias.

En la invención, el método comprende, antes de las etapas principales, las siguientes etapas preliminares:

- una primera etapa preliminar de determinar el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse;
- una segunda etapa preliminar de medir la turbidez de la disolución acuosa;
- una tercera etapa preliminar de medir la materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa;
- una cuarta etapa preliminar de identificar, para la disolución acuosa, una categoría de entre al menos dos categorías de agua según la turbidez y la materia orgánica aromática disuelta medidas de la disolución acuosa, proporcionando cada categoría de agua una relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse;

usando la primera etapa principal dicha relación y el porcentaje determinado de concentración de cianobacterias que va a eliminarse.

Una categoría de agua se determina según un par de valores de turbidez y materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa.

Por ejemplo, una primera categoría de agua puede ser un agua de alta turbidez y alto contenido en materia orgánica aromática disuelta, correspondiente a disoluciones acuosas cuya turbidez es superior a un primer valor y cuyo contenido en materia orgánica aromática disuelta es superior a un segundo valor. Una segunda categoría puede ser un agua de baja turbidez y bajo contenido en materia orgánica aromática disuelta, correspondiente a disoluciones acuosas cuya turbidez es inferior al primer valor y cuyo contenido en materia orgánica aromática disuelta es inferior al
55 segundo valor.

Puede establecerse un objetivo de concentración final de cianobacterias con el fin de alcanzar una concentración final de cianobacterias requerida para respetar reglamentos. Puede establecerse para alcanzar una concentración que evita que los filtros se obstruyan.

La absorbancia UV permite determinar la materia orgánica aromática disuelta. En particular, los inventores han encontrado que la absorbancia UV a 254 nm corresponde a la medición específica de materias orgánicas aromáticas disueltas y es la absorbancia UV más adecuada para realizar un seguimiento del rendimiento de coagulación a lo largo de la concentración de cianobacterias. La absorbancia UV a 254 nm corresponde a la reducción de la intensidad luminosa a través de una muestra de agua y está correlacionada con las mediciones de los ciclos aromáticos y dobles
65

enlaces tales como ácidos húmicos. Estas materias orgánicas aromáticas se eliminan particularmente bien durante un procedimiento de coagulación.

Sin embargo, solo una parte de las materias orgánicas aromáticas disueltas se elimina mediante coagulación aunque se use una dosis muy alta de coagulante a un pH bajo favorable. Por tanto, es posible distinguir una parte coagulable de una parte no coagulable de materias orgánicas aromáticas a medida que se añade una dosis de coagulante en una disolución acuosa, que se denominan partes "coagulable mediante UV" y "no coagulable mediante UV". La proporción de coagulable mediante UV / no coagulable mediante UV es variable según la matriz orgánica del agua y se ha definido mediante prueba de laboratorio usando pruebas de jarras con una dosis excesiva de coagulante y un pH bajo favorable.

Por tanto, la dosis de coagulante aumenta de una manera exponencial para eliminar una parte "coagulable mediante UV" que evoluciona según una curva logarítmica inversa, teniendo en cuenta una pequeña parte que no puede coagularse. La parte que no puede coagularse puede ser variable según la categoría orgánica de agua. Por tanto, se necesita una clasificación de la disolución acuosa en una categoría. Las categorías se separan según una medición de la turbidez de la disolución acuosa y una medición de la materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa, preferiblemente usando absorbancia UV a 254 nm. Cada categoría está vinculada con una relación particular entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable.

Por tanto, con el fin de eliminar un porcentaje de la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa, puede determinarse un porcentaje de la materia orgánica aromática disuelta coagulable según la categoría de agua determinada lo cual da una relación entre la eliminación de un porcentaje de concentración de cianobacterias y la eliminación de la materia orgánica aromática disuelta coagulable. Teniendo en cuenta que la curva de la eliminación de concentración de cianobacterias sigue la eliminación de materia orgánica aromática disuelta coagulable, identificar una dosis de coagulante óptima para eliminar un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable permite eliminar un porcentaje dado elegido de la concentración de cianobacterias.

Ventajosamente, la primera etapa preliminar de determinar el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse comprende una primera etapa inicial de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa y una segunda etapa inicial de determinar un objetivo de concentración final de cianobacterias en la disolución acuosa. El porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse puede definirse mediante la diferencia entre la concentración inicial determinada de cianobacterias en la disolución acuosa y el objetivo determinado de concentración final de cianobacterias.

De manera favorable, el método puede comprender, tras la primera etapa inicial, una tercera etapa inicial de alertar sobre la necesidad de eliminar cianobacterias, si la concentración inicial determinada de cianobacterias es de al menos 2000 células/ml para cianobacterias productoras de metabolitos y 10000 células/ml para otras cianobacterias.

El método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa puede centrarse particularmente en un tipo específico de cianobacterias. Por ejemplo, pueden seleccionarse como objetivo células de *Cylindrospermopsis* por su toxicidad y su resistencia a tratamiento con coagulante. Por tanto, una primera etapa inicial de determinar la concentración inicial de *Cylindrospermopsis* en la disolución acuosa y una segunda etapa inicial de determinar un objetivo de concentración final de *Cylindrospermopsis* permitirán determinar el porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis* que va a eliminarse. Mediante un método similar de determinar una categoría para la disolución acuosa, dando dicha categoría una relación entre el porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis* que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable, es posible determinar el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable. Entonces, tal porcentaje determinado permitirá identificar una dosis de coagulante óptima que va a usarse para llevar a cabo la eliminación del porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis*.

Ventajosamente, el método puede comprender, para la primera etapa inicial de determinar la concentración inicial de cianobacterias, una evaluación de la concentración de cianobacterias que comprende las etapas de:

- medir la totalidad o parte de la cantidad de pigmentos presentes en la disolución acuosa, elegidos de pigmentos de cianobacterias;

- determinar la cantidad de pigmentos para al menos una especie de células de cianobacterias usando una primera base de datos;

- determinar un número de células de cianobacterias en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos y la cantidad determinada de pigmentos por cada especie de células de cianobacterias;

- evaluar la concentración de cianobacterias en la disolución acuosa según el número determinado de células de cianobacterias y el volumen de disolución acuosa.

La totalidad o parte de la cantidad de pigmentos presentes en una disolución acuosa puede medirse usando una sonda de fluorescencia. Los pigmentos de cianobacterias que van a medirse pueden ser, por ejemplo, clorofila a y/o ficocianina. La primera base de datos da la cantidad de pigmentos de una especie de cianobacterias. La primera base de datos comprende preferiblemente estimaciones de la proporción de células para clorofila a y/o ficocianina para especies de cianobacterias.

Alternativamente, el método puede comprender como primera etapa inicial que consiste en evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa, que comprende las siguientes etapas:

- determinar al menos una especie de cianobacterias más probablemente dominante para la disolución acuosa usando una segunda base de datos;

- determinar la cantidad de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas usando la primera base de datos;

- determinar un número de células para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos presentes en la disolución acuosa y la cantidad determinada de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes;

- evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando el número deducido de células para todas las especies de cianobacterias más probablemente dominantes, y el volumen de disolución acuosa.

La segunda base de datos permite determinar las especies de cianobacterias más probablemente dominantes para una disolución acuosa. El usuario de un método de este tipo también puede usar datos referentes a las cianobacterias más probablemente dominantes recopilados antes de la implementación del método.

En particular, puede seleccionarse especialmente como objetivo *Cylindrospermopsis*, una especie de cianobacterias que se sabe que son resistentes a la coagulación.

En este caso, la evaluación de la concentración de cianobacterias comprende la evaluación de la concentración de *Cylindrospermopsis*, es decir:

- medir la totalidad o parte de los pigmentos presentes en la disolución acuosa, elegidos de pigmentos de cianobacterias;

- determinar la cantidad de pigmentos para la especie de *Cylindrospermopsis* usando la primera base de datos;

- determinar la proporción más probable de *Cylindrospermopsis* para la disolución acuosa usando una segunda base de datos;

- determinar el número de células de *Cylindrospermopsis* en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos presentes en la disolución acuosa, la cantidad determinada de pigmentos para la especie de *Cylindrospermopsis*, y la proporción más probable determinada de *Cylindrospermopsis* para la disolución acuosa;

- evaluar la concentración de *Cylindrospermopsis* en la disolución acuosa usando el número de células de *Cylindrospermopsis* determinado y el volumen de disolución acuosa.

La primera base de datos comprende la cantidad de pigmentos para especies de cianobacterias, de modo que proporciona la cantidad de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas, determinadas con la segunda base de datos. Por tanto, es posible determinar un número de células para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa.

A partir del número de células para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas en la disolución acuosa y a partir del volumen de la disolución acuosa, es posible evaluar las concentraciones respectivas de cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas.

Ventajosamente, el método comprende una etapa de eliminación de metabolitos adaptada para eliminar metabolitos de cianobacterias disueltos. Tal etapa de eliminación de metabolitos comprende:

- una primera etapa secundaria de determinar la materia de carbono orgánica disuelta de la disolución acuosa;

- una segunda etapa secundaria de evaluar la concentración de cada tipo de metabolito de cianobacteria en la disolución acuosa;

- una tercera etapa secundaria de determinar al menos un coeficiente de Freundlich para cada tipo de metabolito en la disolución acuosa usando la materia orgánica disuelta determinada de la disolución acuosa y la materia orgánica disuelta determinada más próxima de una tercera base de datos;

5 - una cuarta etapa secundaria de determinar un par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto que va a usarse en la disolución acuosa para la eliminación de la concentración evaluada de cada tipo de metabolito de cianobacteria, usando los coeficientes de Freundlich determinados;

10 - una quinta etapa secundaria de aplicar dicho par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto como dosis activada en polvo/tiempo de contacto ajustado.

La tercera base de datos compila coeficientes de adsorción para diferentes metabolitos de cianobacterias, diferentes carbonos activados en polvo y diferentes aguas, especialmente diferentes aguas con diferentes contenidos en carbono orgánico disuelto. Teniendo en cuenta la disolución acuosa para la que se lleva a cabo el método, se elegirá el agua más próxima descrita en la tercera base de datos según el carbono orgánico disuelto para proporcionar coeficientes de Freundlich correspondientes.

20 Ventajosamente, la determinación del carbono orgánico disuelto de la disolución acuosa puede llevarse a cabo mediante un análisis de carbono orgánico total realizado tras una filtración.

Ventajosamente, la etapa de evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias en la disolución acuosa comprende las siguientes etapas:

25 - determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa;

- evaluar la proporción de tipos de metabolitos de cianobacterias para células de cada especie de cianobacterias usando una cuarta base de datos;

30 - evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias usando la concentración determinada de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa y la proporción de metabolitos de cianobacterias evaluada para cada especie de cianobacterias.

35 La cuarta base de datos compila datos que proporcionan la proporción de metabolitos por células de especies de cianobacterias. Una base de datos de este tipo puede indicar, para cada especie de cianobacterias, los diferentes metabolitos que puede contener y una estimación de cantidades respectivas.

40 Ventajosamente, determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa comprende usar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes evaluada en la disolución acuosa tal como se describe en la evaluación de la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa previamente expuesta.

45 En una realización, determinar la concentración del tipo de metabolito de cianobacteria en la disolución acuosa comprende la evaluación de cilindropermopsina que comprende las etapas:

- usar la evaluación de la concentración de *Cylindrospermopsis* en la disolución acuosa tal como se describió anteriormente;

50 - evaluar la proporción de cilindropermopsina para *Cylindrospermopsis* usando la cuarta base de datos;

- evaluar la concentración de cilindropermopsina usando la concentración evaluada de *Cylindrospermopsis* y la proporción de cilindropermopsina evaluada.

55 La descripción también da a conocer un método implementado por ordenador para la eliminación de cianobacterias en agua tal como se describió anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

60 La invención se entenderá mejor, y sus diversas características y ventajas se desprenderán, a partir de la siguiente descripción de varias realizaciones a modo de ejemplo y sus figuras adjuntas en las que:

- La figura 1 presenta un gráfico que expone la relación entre la dosis de coagulante, la concentración residual de cianobacterias o *Cylindrospermopsis* y la materia orgánica aromática disuelta residual ("absorbancia UV") en una disolución acuosa en reposo.

65 - La figura 2 presenta las etapas principales de un método para la eliminación de cianobacterias en una disolución

acuosa.

- La figura 3 presenta un método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa con etapas principales y preliminares.

- La figura 4 presenta un método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa con etapas principales, preliminares e iniciales.

- La figura 5A presenta una primera realización de la etapa de evaluar la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa.

- La figura 5B presenta una primera realización del método para la eliminación de cianobacterias que incluye la primera realización de la etapa de determinar la concentración inicial de cianobacterias en una disolución acuosa.

- La figura 6A presenta una segunda realización para evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en una disolución acuosa.

- La figura 6B presenta una segunda realización del método para la eliminación de cianobacterias que incluye la segunda realización de la etapa de evaluar la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa.

- La figura 7 presenta una primera realización para aplicar una dosis de carbono activado en polvo a una disolución acuosa con el fin de eliminar metabolitos de cianobacterias teniendo en cuenta cada tipo de metabolito.

- La figura 8 presenta una segunda realización particular para aplicar una dosis de carbono activado en polvo a una disolución acuosa que incluye evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias.

- La figura 9 presenta tanto la segunda realización particular para aplicar una dosis de carbono activado en polvo a una disolución acuosa como la segunda realización de la etapa de evaluar la concentración de cianobacterias en un método en disolución acuosa para la eliminación de cianobacterias.

- La figura 10 presenta un gráfico que describe la diferencia entre eliminación de cianobacterias y eliminación de *Cylindrospermopsis* en un procedimiento en reposo según el porcentaje de eliminación por UV coagulable.

- La figura 11 presenta un gráfico que describe la relación entre dosis de coagulante y eliminación por UV coagulable.

- La figura 12 presenta la segunda realización de un método global para eliminación de cianobacterias y/o metabolitos de cianobacterias en una disolución acuosa.

Descripción detallada de la invención

La figura 1 presenta un gráfico que expone la relación entre la dosis de coagulante que va a usarse, la concentración residual de cianobacterias (gráfico a) o la concentración residual de *Cylindrospermopsis* (gráfico b) tras la coagulación y la materia orgánica aromática disuelta residual, "absorbancia UV", (gráfico c) tras la coagulación en una disolución acuosa en reposo. La "absorbancia UV" residual es equivalente a la materia orgánica aromática disuelta coagulable residual.

Es importante observar que los gráficos de concentración residual de cianobacterias y de *Cylindrospermopsis* siguen el gráfico de materia orgánica aromática disuelta coagulable residual.

La figura 2 presenta un método 10 para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa, que comprende las siguientes etapas principales:

- una primera etapa principal 200 de determinar un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse correspondiente a una concentración en porcentaje de cianobacterias que va a eliminarse, usando una relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse;

- una segunda etapa principal 210 de determinar una dosis de coagulante óptima correspondiente a la predeterminada que va a usarse para llevar a cabo la coagulación del porcentaje determinado de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse y;

- una tercera etapa principal 220 de aplicar dicha dosis de coagulante óptima como dosis de coagulante ajustada para la eliminación de cianobacterias.

La figura 3 presenta las etapas preliminares del método de la invención para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa.

Las etapas preliminares se realizan antes de las etapas principales 200, 210, 220 y comprenden:

- una primera etapa preliminar 140 de determinar el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse;
- una segunda etapa preliminar 150 de medir la turbidez de la disolución acuosa;
- una tercera etapa preliminar 160 de medir la materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa;

- una cuarta etapa preliminar 170 de identificar, para la disolución acuosa, una categoría de entre al menos dos categorías 171, 172 de agua según la turbidez y la materia orgánica aromática disuelta medidas de la disolución acuosa, proporcionando cada categoría de agua una relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse;

usando primera etapa principal 200 dicha relación y el porcentaje determinado de concentración de cianobacterias que va a eliminarse.

La cuarta etapa preliminar 170 de identificar, para la disolución acuosa, una categoría de entre al menos dos categorías 171, 172, requiere la segunda etapa preliminar 150 de medir la turbidez de la disolución acuosa y la tercera etapa preliminar 160 de medir la materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa, preferiblemente midiendo la absorbancia UV, preferiblemente a 254 nm. Cada par de datos obtenidos a partir de la turbidez expresada en unidades de turbidez nefelométricas (NTU) y la absorbancia UV expresada en m^{-1} de la disolución acuosa corresponde a una categoría.

Por ejemplo, una primera categoría de agua puede ser un agua de alta turbidez y alto contenido en materia orgánica aromática disuelta, correspondiente a disoluciones acuosas cuya turbidez es superior a un primer valor y cuyo contenido en materia orgánica aromática disuelta es superior a un segundo valor. Una segunda categoría puede ser un agua de baja turbidez y bajo contenido en materia orgánica aromática disuelta, correspondiente a disoluciones acuosas cuya turbidez es inferior al primer valor y cuyo contenido en materia orgánica aromática disuelta es inferior al segundo valor.

Cada categoría proporciona una relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable ("absorbancia UV") que va a eliminarse.

Usando la relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y al porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable ("absorbancia UV") que va a eliminarse en una categoría, la cuarta etapa preliminar 170 permite recuperar, a partir del porcentaje determinado de concentración de cianobacterias que va a eliminarse, el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse.

De manera similar, cuando se centra el método en la eliminación de *Cylindrospermopsis*, cada categoría proporciona una relación entre el porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis* que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse.

La relación entre el porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis* que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse permite recuperar, a partir del porcentaje de concentración de *Cylindrospermopsis* que va a eliminarse, un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse.

La segunda etapa principal 210 permite determinar una dosis de coagulante óptima. Esta dosis de coagulante óptima también será la dosis de coagulante óptima que va a usarse con el fin de eliminar un porcentaje de *Cylindrospermopsis*.

La dosis de coagulante óptima que va a usarse con el fin de eliminar un porcentaje dado de materia orgánica aromática disuelta coagulable puede establecerse mediante pruebas de laboratorio anteriores con dosis de coagulante creciente según el pH de la disolución acuosa. Cualquier planta de tratamiento de agua puede adaptar su propia base de datos de pruebas de laboratorio o puede usar otras pruebas que proporcionan una relación entre la dosis de coagulante óptima y un porcentaje dado de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse.

La figura 4 presenta un método para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa que incluye además etapas principales, preliminares.

Además, la primera etapa preliminar 140 comprende las siguientes etapas:

- una primera etapa inicial 110 de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa y;
- una segunda etapa inicial 120 de determinar un objetivo de concentración final de cianobacterias en la disolución acuosa.

El porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse puede calcularse a partir de las etapas iniciales 110 y 120, es decir la diferencia entre una concentración inicial determinada de cianobacterias y un objetivo determinado de concentración final de cianobacterias, dependiendo de la calidad del agua requerida tras el tratamiento. Por ejemplo, el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse a partir de una disolución acuosa puede depender de la capacidad de filtros que pueden usarse tras el tratamiento de la presente invención. Por ejemplo, se selecciona como objetivo una concentración umbral con el fin de evitar que los filtros se obstruyan debido a la concentración de cianobacterias.

Alternativamente, el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse puede determinarse directamente, sin las etapas 110 y 120.

En una realización particular, el método 10 comprende, antes de las etapas principales 200, 210, 220, una primera etapa inicial 110 de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa y una tercera etapa inicial 130 de alertar sobre la necesidad de eliminar cianobacterias, si la concentración de cianobacterias determinada es de al menos 2000 células/ml para cianobacterias productoras de metabolitos y al menos 10000 células/ml para otras cianobacterias.

La figura 5A presenta una primera realización 110 de una primera etapa inicial de determinar la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa, comprendiendo dicha primera etapa inicial:

- una etapa 111 de medir la totalidad o parte de la cantidad de pigmentos presentes en una disolución acuosa;

- una etapa 112 de determinar la cantidad de pigmentos para al menos una especie de células de cianobacterias usando una primera base de datos 11;

- una etapa 113 de determinar un número de células de cianobacterias en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos y la cantidad determinada de pigmentos por cada especie de células de cianobacterias;

- una etapa 114 de evaluar la concentración de cianobacterias en la disolución acuosa según el número determinado de células de cianobacterias y el volumen de disolución acuosa 15.

La primera base de datos 11 comprende al menos las estimaciones de proporción de células para clorofila o ficocianina para diferentes especies de cianobacterias. Por ejemplo, la medición de los pigmentos puede llevarse a cabo mediante una sonda de ficocianina o clorofila a.

La concentración de clorofila a o ficocianina son mediciones convencionales de biomasa de algas o cianobacterias, y las proporciones de clorofila a o ficocianina en células están publicadas. Por ejemplo, la primera base de datos puede comprender datos según el contenido en clorofila a de *Anabaena circinalis* y el contenido en clorofila a de *Microcystis aeruginosa*. Por ejemplo, el contenido en clorofila a de *Anabaena circinalis* puede ser de 0,72 pg por célula y el contenido en clorofila a de *Microcystis aeruginosa* es de 0,36 pg por célula. Esto puede usarse para determinar el número de células·ml⁻¹ a partir de la concentración de clorofila a. Se han publicado múltiples bases de datos y dan a conocer la concentración de clorofila a o ficocianina. Por ejemplo, tales datos se han dado a conocer por Water Quality Research Australia, publicado en el Research report 74, Management Strategies for Cyanobacteria (blue-green algae): a Guide for Water Utilities.

Dividiendo la cantidad de pigmentos presentes en una disolución acuosa específica entre la cantidad de pigmentos en una especie de células de cianobacterias, la etapa 103 permite la determinación de un número de células de cianobacterias en la disolución acuosa. Por tanto, conociendo el número de células de cianobacterias y el volumen 15 de una disolución acuosa, la etapa 104 permite la evaluación de una concentración de cianobacterias en la disolución acuosa.

En una mezcla de especies, la capacidad de aplicar una única división de la cantidad de pigmentos entre la cantidad de pigmentos en una única especie de células de cianobacterias puede no ser relevante debido a las proporciones de células de diferentes especies. Se prefiere evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en una disolución acuosa.

La figura 5B presenta una primera realización del método 10 para la eliminación de cianobacterias que incluye la primera realización de la primera etapa inicial 110 de determinar la concentración inicial de cianobacterias en una disolución acuosa.

La figura 6A presenta una segunda realización 110' de una primera etapa inicial para determinar la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa que consiste en evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en una disolución acuosa. Más precisamente, dicha segunda realización 110' de la etapa inicial 110' comprende:

- una etapa 111' para determinar al menos una especie de cianobacterias más probablemente dominante para la disolución acuosa usando una segunda base de datos 12;

- una etapa 112' de determinar una cantidad de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas usando la primera base de datos 11;

- una etapa 113' de determinar un número de células para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos presentes en la disolución acuosa y la cantidad determinada de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes;

- una etapa 114' de evaluar las concentraciones de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando el número deducido de células para todas las especies de cianobacterias más probablemente dominantes, y el volumen de disolución acuosa 15.

La segunda base de datos 12 es una extensa base de datos que asocia la distribución de diferentes especies de cianobacterias según diferentes tipos y/o parámetros de aguas, permitiendo por tanto determinar la distribución de especies de cianobacterias, dependiendo del agua sometida al método.

La distribución de especies de cianobacterias según un tipo particular de agua puede definirse fácilmente usando un análisis clásico de tal tipo de agua. Se han publicado múltiples datos referentes a la distribución de especies de cianobacterias en diferentes tipos de agua. Por ejemplo, un porcentaje de células de cianobacterias de una especie particular en una disolución acuosa que supera el 50 % puede considerarse como una especie de cianobacterias más probablemente dominante para una disolución acuosa. Por ejemplo, se han dado a conocer listas de cianobacterias y métodos para identificarlas por Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) en un informe ("Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives").

En este cálculo, otra complejidad es la determinación de las proporciones de células específicas de especie de fluorescencia de ficocianina. Parámetros derivados a partir de análisis de laboratorio pueden proporcionar estimaciones de proporciones para especies conocidas en condiciones controladas, sin embargo esta observación puede diferir significativamente de las encontradas en un contexto del entorno debido a historial de luminosidad, estado de nutrientes y estado fisiológico. Estas mismas condiciones varían de una masa de agua a otra y, por tanto, se preferirán parámetros específicos de sitio y específicos de especie para reducir el error de predicciones en la medida de lo posible. Por tanto, un procedimiento para derivar parámetros específicos de sitio y específicos de especie a partir de datos de programa de monitorización se define de la siguiente manera:

$$x_t = \sum_i^n c_{i,t} \cdot p_i + c + \varepsilon$$

donde x_t es la ficocianina en el tiempo t , $c_{i,t}$ es la densidad celular de la i -ésima especie en el tiempo t , p_i es el parámetro de proporción de células de la i -ésima especie, c es la concentración de fondo de x y ε es el error residual de la ecuación, ajustado a observaciones de densidad celular y fluorescencia de ficocianina usando un enfoque de cadena de Markov de Monte Carlo avanzado. Este enfoque define distribuciones de probabilidades posteriores para los parámetros que permiten la caracterización de la incertidumbre en las predicciones realizadas basándose en las salidas de sondas de fluorescencia. Entonces, se usa la predicción de densidad celular para predecir el intervalo de concentraciones de metabolitos que pueden estar presentes en el agua. Esto se basa en observaciones de laboratorio y en campo de la proporción de células de concentración de metabolitos y la proporción del metabolito encontrado en el espacio extracelular. Los metabolitos se describen en cuanto al posible intervalo de su concentración considerando la mejor, peor y mediana de las características de metabolito (proporción de células y proporción extracelular) y el intervalo de predicciones de cianobacterias.

La figura 6B presenta una segunda realización del método 10' para la eliminación de cianobacterias que incluye la segunda realización de la etapa 110' de evaluar la concentración de cianobacterias en una disolución acuosa.

La figura 7 presenta una primera realización 300 de una etapa de eliminación de metabolitos que consiste en aplicar una dosis de carbono activado en polvo a una disolución acuosa con el fin de eliminar metabolitos de cianobacterias, teniendo en cuenta cada tipo de metabolito.

La realización 300 de una etapa de eliminación de metabolitos comprende:

- una primera etapa secundaria 310 de determinar el carbono orgánico disuelto de la disolución acuosa;

- una segunda etapa secundaria 320 de evaluar la concentración de cada tipo de metabolito de cianobacteria en la

disolución acuosa;

- una tercera etapa secundaria 330 de determinar al menos un coeficiente de Freundlich para cada tipo de metabolito en la disolución acuosa usando la materia orgánica disuelta determinada de la disolución acuosa y la materia orgánica disuelta determinada más próxima de una tercera base de datos 31;

- una cuarta etapa secundaria 340 de determinar un par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto que va a usarse en la disolución acuosa para la eliminación de la concentración evaluada de cada tipo de metabolito de cianobacteria, usando los coeficientes de Freundlich determinados;

- una quinta etapa secundaria 350 de aplicar dicho par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto como dosis activada en polvo/tiempo de contacto ajustado.

Los coeficientes de Freundlich de la tercera base de datos pueden obtenerse según la investigación y análisis publicados para diferentes tipos de carbono activado en polvo, diferentes metabolitos y para diferentes disoluciones acuosas. La aplicación de la ecuación de Freundlich a la adsorción de productos químicos orgánicos sobre carbonos es habitual. Por ejemplo, en "Simulation of saxitoxins adsorption in full-scale GAC filter using HSDM", Jose Capelo-Neto *et al.*, se dan a conocer métodos para determinar y usar tales coeficientes de Freundlich.

Los intervalos de contenido celular o "proporción de células" para metabolitos son mediciones clásicas que se aplican para estimar el rendimiento probable de los metabolitos de cianobacterias en un tipo/categoría de agua. Tales mediciones están publicadas o pueden obtenerse mediante análisis clásicos. Por ejemplo, la cuarta base de datos puede comprender datos según la proporción de geosmina extracelular o disuelta para una población de una especie de cianobacterias particular, es decir una razón de geosmina con respecto a *Anabaena circinalis* de $100 \text{ ng} \cdot \mu\text{g}^{-1}$, o una razón de microcistina con respecto a *Microcystis* de $0,12 \text{ ng} \cdot \mu\text{g}^{-1}$. Se han usado relaciones entre metabolitos y concentración de clorofila para definir la proporción de células y se han publicado. Por ejemplo, la relación entre concentraciones de geosmina y clorofila en muestras de cultivo ha mostrado una correlación bastante sistemática. Por ejemplo, en "Physiology of geosmin production by *Anabaena circinalis* isolated from the murrumbidgee river, Australia", K. H. Bowmer *et al.*, se proporcionan datos referentes a la razón de metabolitos con respecto a las cianobacterias productoras.

La figura 8 presenta una segunda realización particular 300' de una etapa de eliminación de metabolitos que consiste en aplicar una dosis de carbono activado en polvo a una disolución acuosa que incluye además evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias.

En esta segunda realización particular 300', la segunda etapa secundaria de evaluar la concentración de cada tipo de metabolito de cianobacteria en la disolución acuosa comprende:

- una etapa (321) de determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa;

- una etapa (322) de evaluar la proporción de tipos de metabolitos de cianobacterias para células de cada especie de cianobacterias usando una cuarta base de datos (41);

- una etapa (323) de evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias usando la concentración determinada de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa y la proporción de metabolitos de cianobacterias evaluada para cada especie de cianobacterias.

La figura 9 presenta tanto la segunda realización particular de eliminación de metabolitos como la primera realización de la etapa de evaluar la concentración de cianobacterias en un método en disolución acuosa para la eliminación de cianobacterias.

En la figura 9, la etapa 321 de determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa usa la segunda realización 110' de la etapa inicial de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa como método descrito en la figura 6A.

La figura 10 presenta un gráfico que expone la relación entre la eliminación de porcentaje de cianobacterias o la eliminación de porcentaje de *Cylindrospermopsis* y la eliminación por "UV coagulable" según una categoría que tiene en cuenta la turbidez de agua de partida y materia orgánica aromática disuelta.

Especialmente, la diferencia entre eliminación de porcentaje de *Cylindrospermopsis* expone la dificultad específica para eliminar una especie de cianobacterias de este tipo a partir de una disolución acuosa usando coagulante para determinados tipos de agua. Por tanto, para determinados tipos de agua, el porcentaje de eliminación por "UV coagulable" para *Cylindrospermopsis* es igual o inferior al porcentaje de eliminación por "UV coagulable" para cianobacterias.

Como ejemplo, la figura 11 presenta un gráfico que expone una relación entre la dosis de coagulante óptima y un

porcentaje dado de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse. Esta relación puede usarse fácilmente para determinar una dosis de coagulante óptima. El gráfico representa la dosis de coagulante en ppm requerida para coagular un porcentaje específico de materia orgánica aromática disuelta. Tal relación permite obtener una dosis de coagulante óptima requerida para la eliminación de cianobacterias, por ejemplo *Cylindrospermopsis*, mediante coagulación cuando se ajusta una relación entre la concentración de cianobacterias, por ejemplo *Cylindrospermopsis*, que va a eliminarse y un porcentaje de la materia orgánica aromática disuelta que va a eliminarse.

Tal dosis de coagulante óptima obtenida puede añadirse a la disolución acuosa dependiendo de la dosis ya añadida.

La figura 12 presenta la segunda realización 10' de un método global para eliminación de cianobacterias y/o metabolitos de cianobacterias en una disolución acuosa que incluye además la tercera realización particular de una eliminación de metabolitos. El método global descrito está constituido por múltiples partes que pueden realizarse de manera independiente o sucesiva.

Esta realización comprende: evaluar 114' las concentraciones de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa, determinar, según una primera etapa preliminar 140, el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse, determinar, según una primera etapa principal 200, un contenido en materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse y, según una segunda y tercera etapas principales 210 y 220, determinar y aplicar una dosis de coagulante óptima para la eliminación de cianobacterias.

En paralelo, o adicionalmente, las concentraciones evaluadas de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa de la etapa 114 permiten evaluar, según la etapa 323, la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias. Entonces, la concentración evaluada de los tipos de metabolitos de cianobacterias permite determinar, usando la materia orgánica disuelta determinada y una tercera base de datos, determinar, según la tercera etapa secundaria 330, al menos un coeficiente de Freundlich para cada tipo de metabolito en la disolución acuosa y, además, según la cuarta y la quinta etapas secundarias 340 y 350, determinar un par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto que va a aplicarse como carbono activado en polvo ajustado.

REIVINDICACIONES

1. Un método (10, 10') para la eliminación de cianobacterias en una disolución acuosa, que comprende las siguientes etapas principales:
 - una primera etapa principal (200) de determinar un porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse correspondiente a una concentración en porcentaje de cianobacterias que va a eliminarse;
 - una segunda etapa principal (210) de determinar una dosis de coagulante óptima correspondiente al porcentaje determinado de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse y;
 - una tercera etapa principal (220) de aplicar dicha dosis de coagulante óptima como dosis de coagulante ajustada para la eliminación de cianobacterias;comprendiendo el método, antes de las etapas principales (200, 210, 220), las siguientes etapas preliminares:
 - una primera etapa preliminar (140) de determinar el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse;
 - una segunda etapa preliminar (150) de medir la turbidez de la disolución acuosa;
 - una tercera etapa preliminar (160) de medir la materia orgánica aromática disuelta de la disolución acuosa;
 - una cuarta etapa preliminar (170) de identificar, para la disolución acuosa, una categoría de entre al menos dos categorías (171, 172) de agua según la turbidez y la materia orgánica aromática disuelta medidas de la disolución acuosa, determinándose cada categoría de agua según un par de valores de turbidez y materia orgánica aromática disuelta, proporcionando cada categoría de agua una relación entre el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse y el porcentaje de materia orgánica aromática disuelta coagulable que va a eliminarse;usando la primera etapa principal (200) dicha relación y el porcentaje determinado de concentración de cianobacterias que va a eliminarse.
2. El método (10, 10') según la reivindicación 1, comprendiendo la primera etapa preliminar (140) de determinar el porcentaje de concentración de cianobacterias que va a eliminarse:
 - una primera etapa inicial (110) de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa;
 - una segunda etapa inicial (120) de determinar un objetivo de concentración final de cianobacterias en la disolución acuosa.
3. El método (10, 10') según una de las reivindicaciones 1 a 2, que comprende, antes de las etapas principales (200, 210, 220), las siguientes etapas:
 - una primera etapa inicial (110) de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa; y
 - una tercera etapa inicial (130) de alertar sobre la necesidad de eliminar cianobacterias, si la concentración de cianobacterias determinada es de al menos 2000 células/ml para cianobacterias productoras de metabolitos y al menos 10000 células/ml para otras cianobacterias.
4. El método (10) según una de las reivindicaciones 2 o 3, comprendiendo la primera etapa inicial (110) de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa las etapas:
 - una etapa (111) de medir la totalidad o parte de la cantidad de pigmentos presentes en la disolución acuosa, elegidos de pigmentos de cianobacterias;
 - una etapa (112) de determinar la cantidad de pigmentos para al menos una especie de células de cianobacterias usando una primera base de datos (11);
 - una etapa (113) de determinar un número de células de cianobacterias en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos y la cantidad determinada de pigmentos por cada especie de células de cianobacterias;

- una etapa (114) de evaluar la concentración de cianobacterias en la disolución acuosa según el número determinado de células de cianobacterias y el volumen de disolución acuosa (15).
- 5. El método (10') según una de las reivindicaciones 2 o 3, consistiendo la primera etapa inicial (110') de determinar la concentración inicial de cianobacterias en la disolución acuosa en evaluar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa y comprendiendo las siguientes etapas:
 - una etapa (111') de determinar al menos una especie de cianobacterias más probablemente dominante para la disolución acuosa usando una segunda base de datos (12);
 - una etapa (112') de determinar la cantidad de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes determinadas usando una primera base de datos (11);
 - una etapa (113') de determinar un número de células para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando la cantidad medida de pigmentos presentes en la disolución acuosa y la cantidad determinada de pigmentos para cada una de las especies de cianobacterias más probablemente dominantes;
 - una etapa (114') de evaluar las concentraciones de especies de cianobacterias más probablemente dominantes en la disolución acuosa usando el número deducido de células para todas las especies de cianobacterias más probablemente dominantes, y el volumen de disolución acuosa (15).
- 6. El método (10, 10') según una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una etapa de eliminación de metabolitos (300) adaptada para eliminar metabolitos de cianobacterias disueltos, comprendiendo dicha etapa de eliminación de metabolitos:
 - una primera etapa secundaria (310) de determinar el carbono orgánico disuelto de la disolución acuosa;
 - una segunda etapa secundaria (320) de evaluar la concentración de cada tipo de metabolito de cianobacteria en la disolución acuosa;
 - una tercera etapa secundaria (330) de determinar al menos un coeficiente de Freundlich para cada tipo de metabolito en la disolución acuosa usando la materia orgánica disuelta determinada de la disolución acuosa y la materia orgánica disuelta determinada más próxima de una tercera base de datos (31);
 - una cuarta etapa secundaria (340) de determinar un par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto que va a usarse en la disolución acuosa para la eliminación de la concentración evaluada de cada tipo de metabolito de cianobacteria, usando los coeficientes de Freundlich determinados;
 - una quinta etapa secundaria (350) de aplicar dicho par de dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto como dosis de carbono activado en polvo/tiempo de contacto ajustado.
- 7. El método (10, 10') según la reivindicación 6, comprendiendo la segunda etapa secundaria (320) de evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias en la disolución acuosa las siguientes etapas:
 - una etapa (321) de determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa;
 - una etapa (322) de evaluar la proporción de tipos de metabolitos de cianobacterias para células de cada especie de cianobacterias usando una cuarta base de datos (41);
 - una etapa (323) de evaluar la concentración de los tipos de metabolitos de cianobacterias usando la concentración determinada de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa y la proporción de metabolitos de cianobacterias evaluada para cada especie de cianobacterias.
- 8. El método (10, 10') según la reivindicación 7, comprendiendo la etapa (321) de determinar la concentración de las especies de cianobacterias en la disolución acuosa usar la concentración de especies de cianobacterias más probablemente dominantes evaluada en la disolución acuosa según la reivindicación 5.

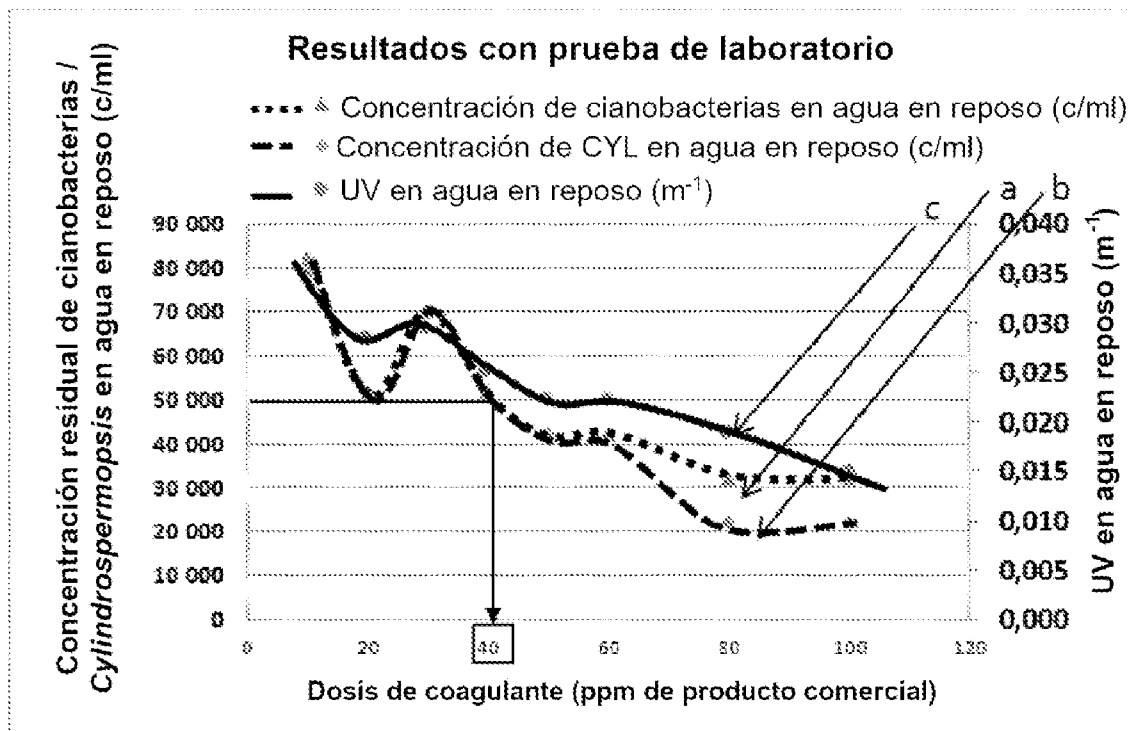


Figura 1

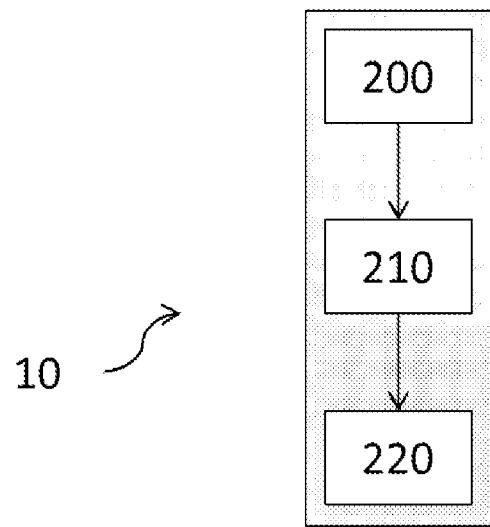


Figura 2

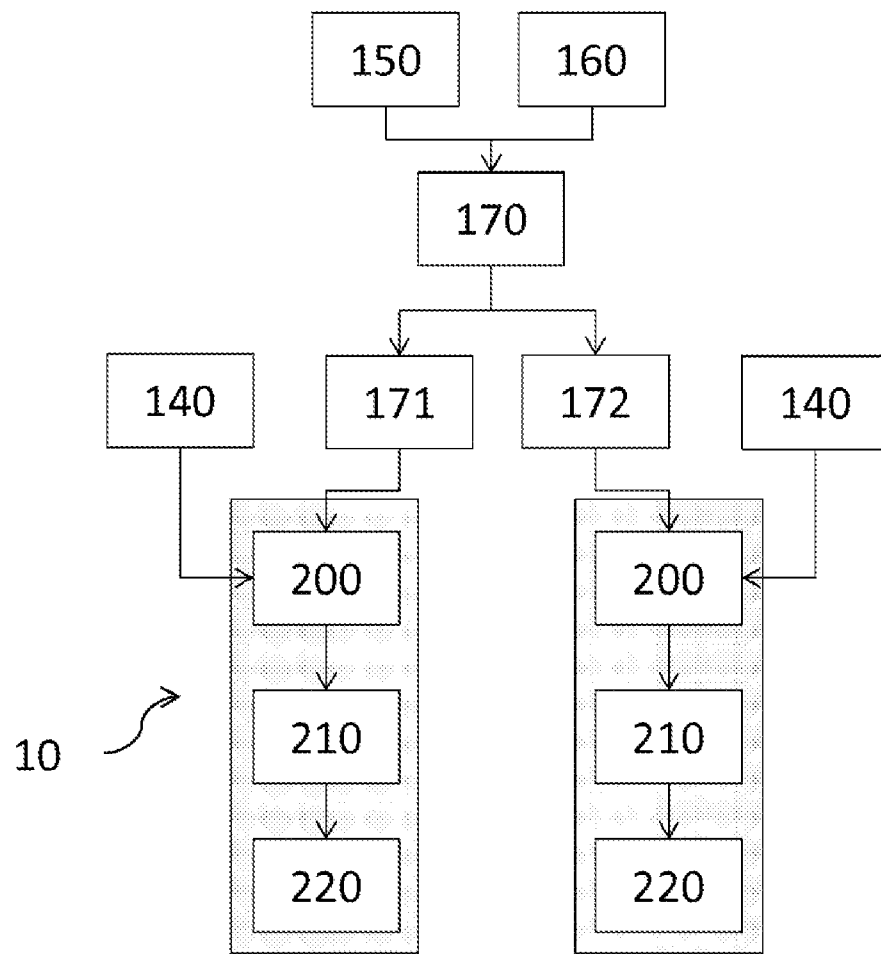


Figura 3

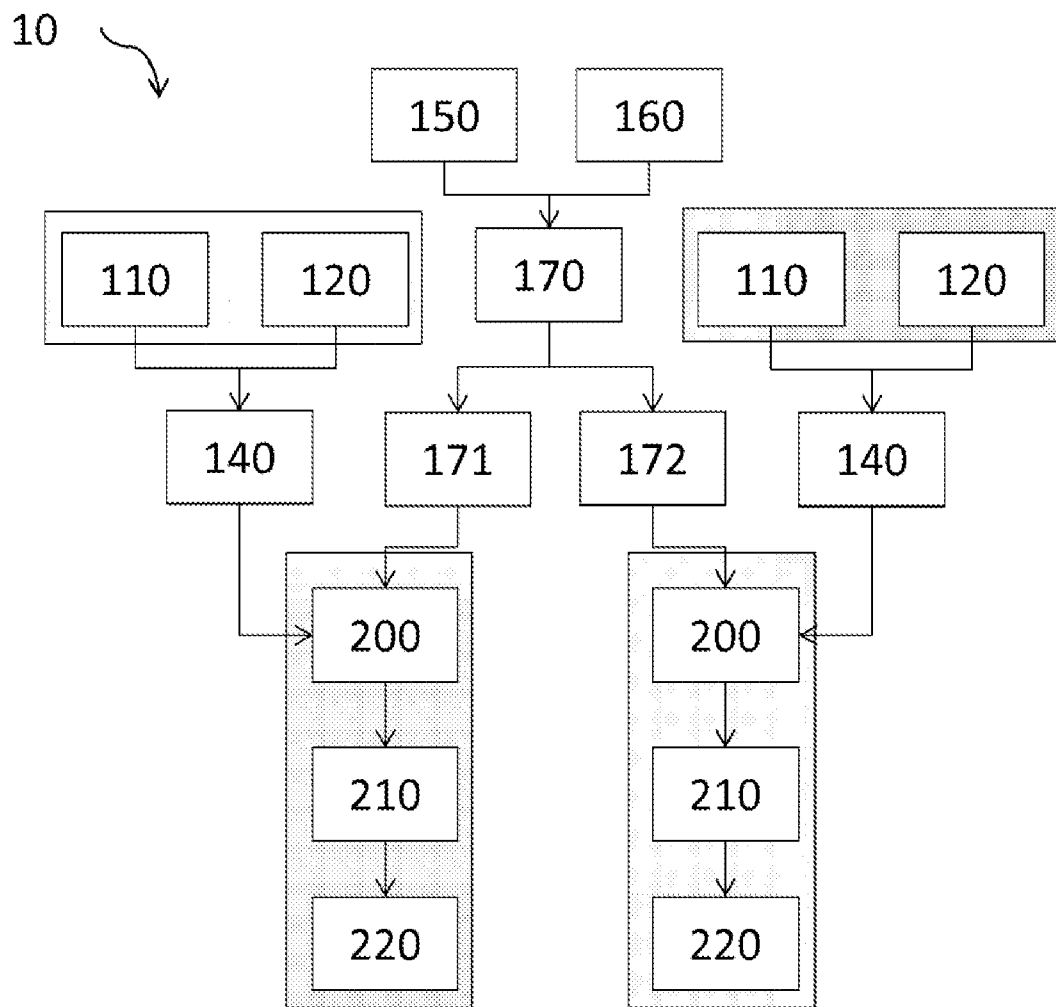


Figura 4

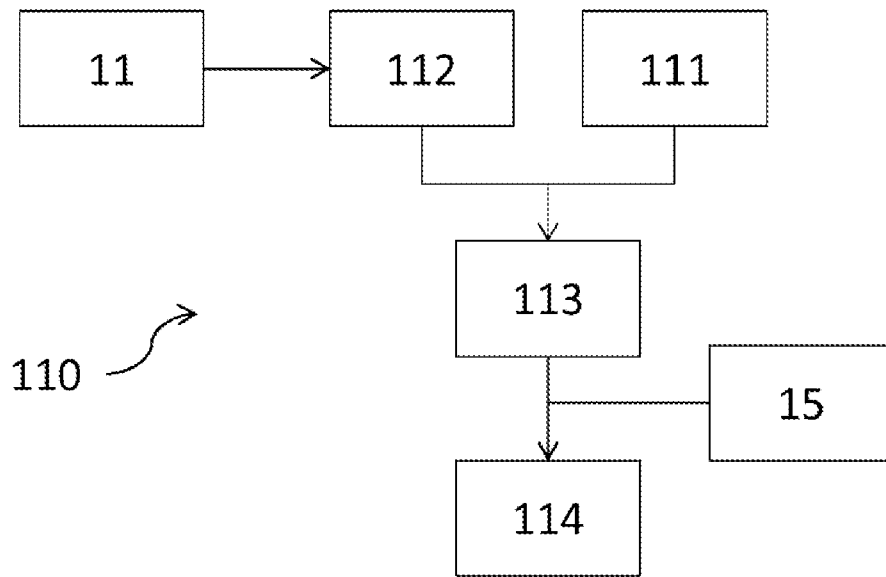


Figura 5A

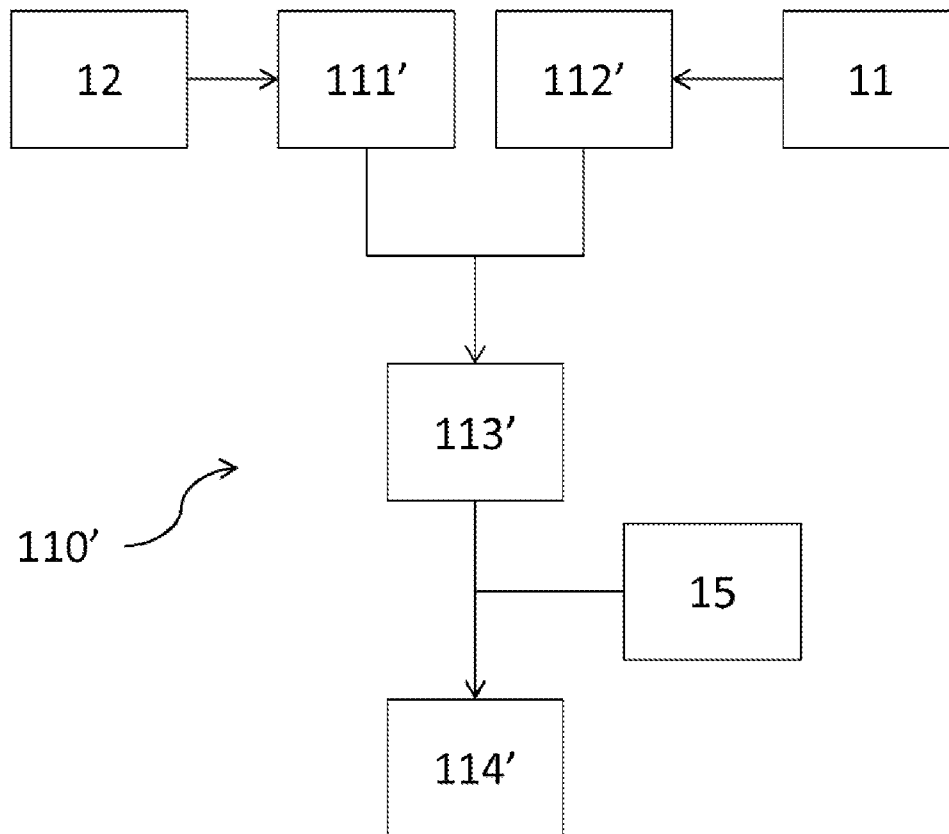


Figura 6A

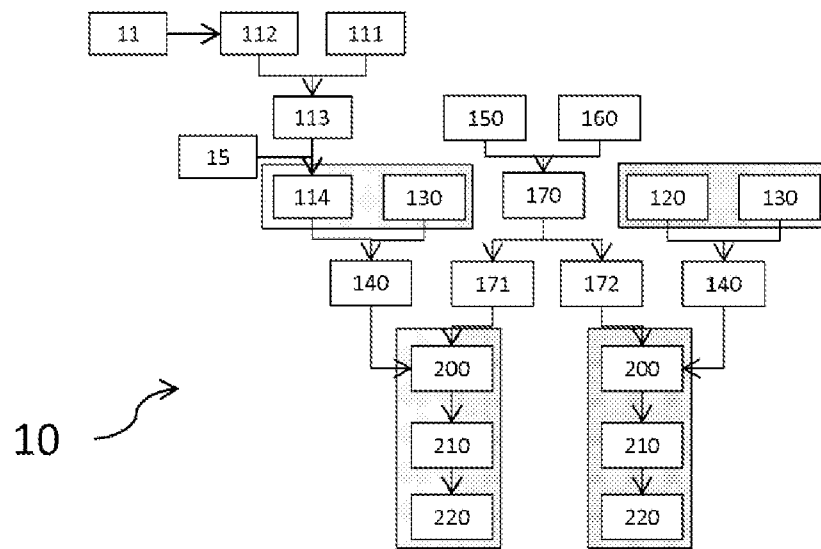


Figura 5B

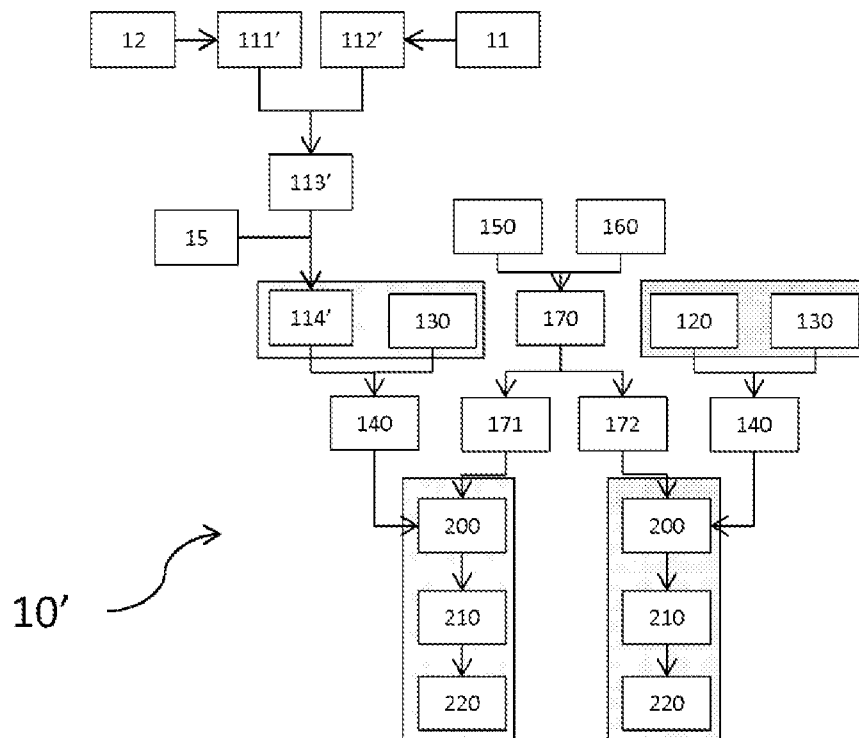


Figura 6B

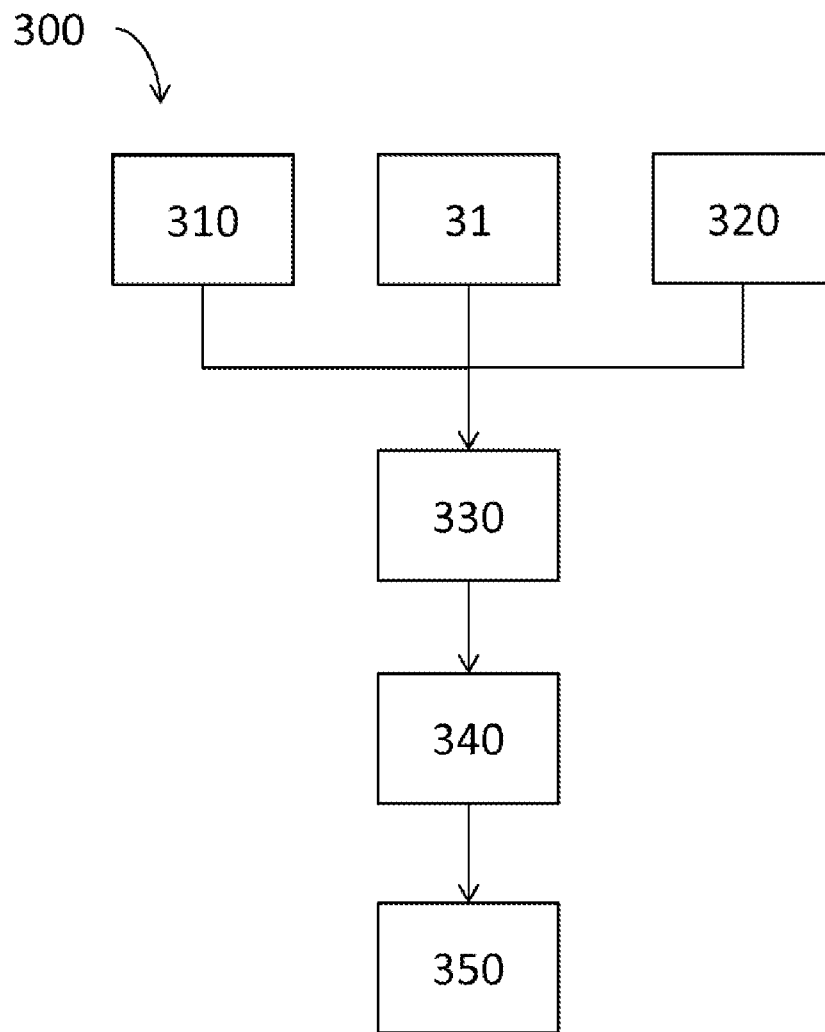


Figura 7

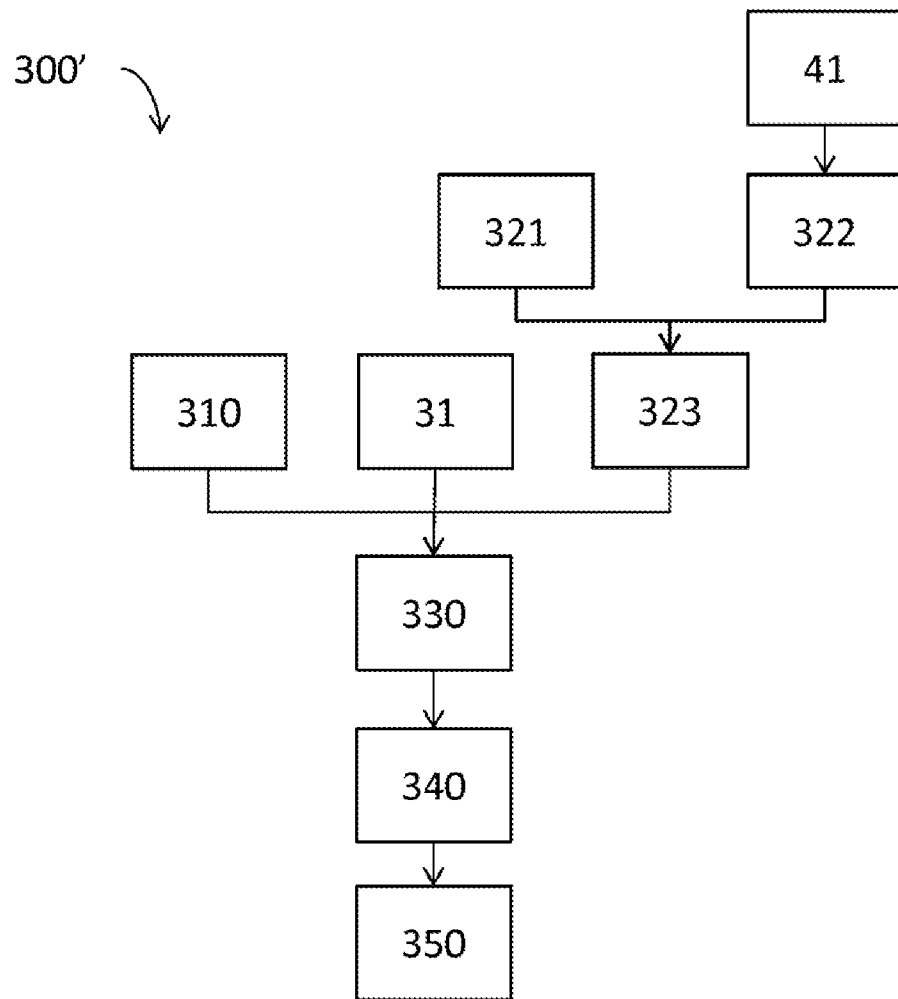


Figura 8

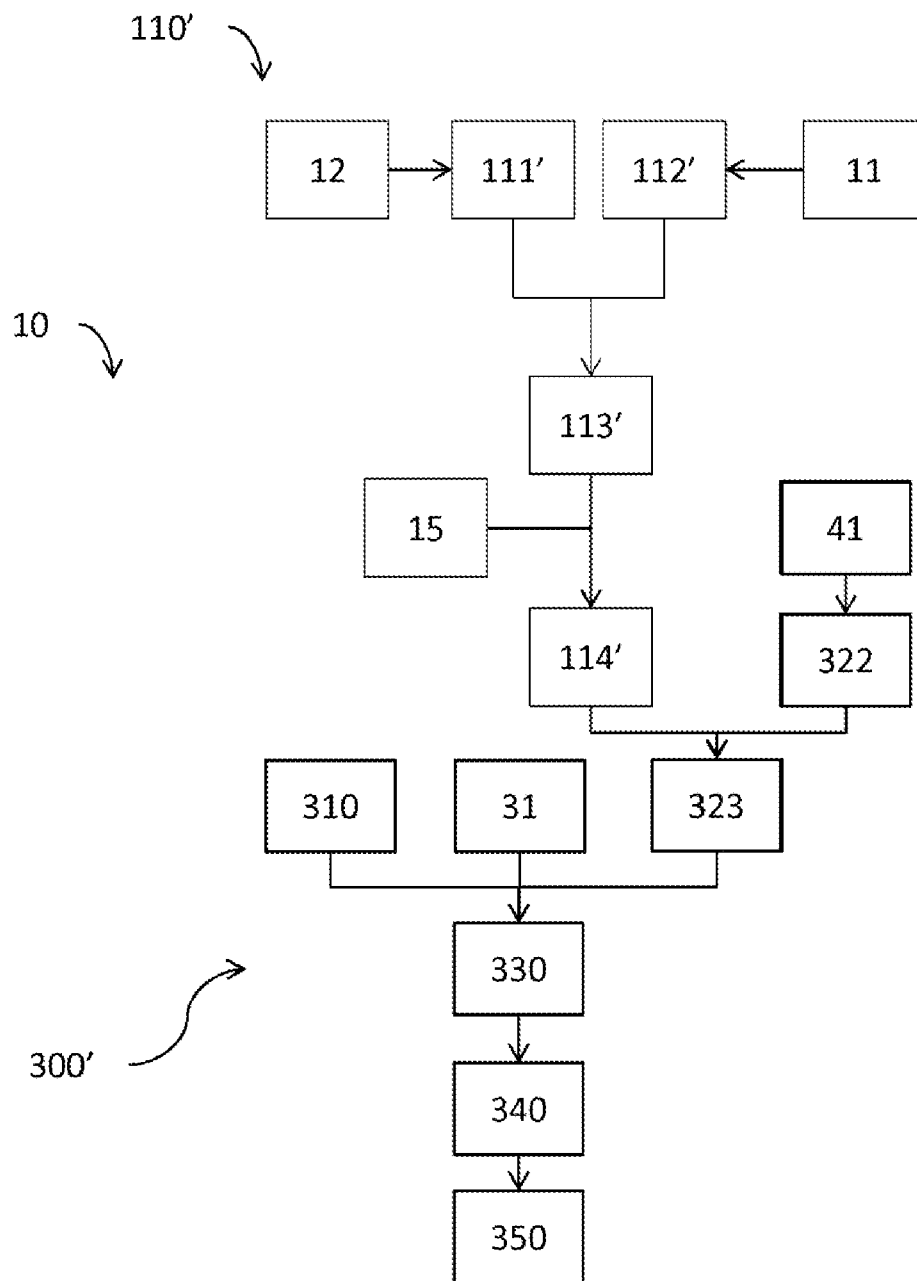


Figura 9

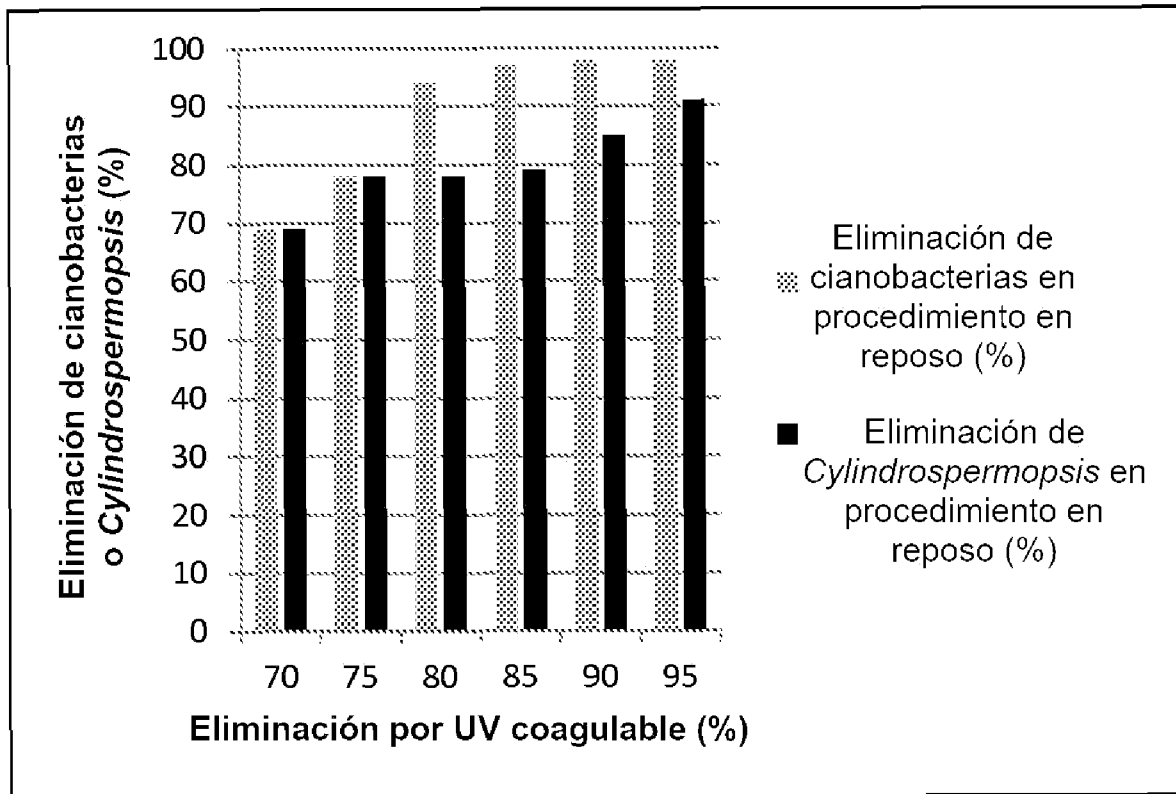


Figura 10

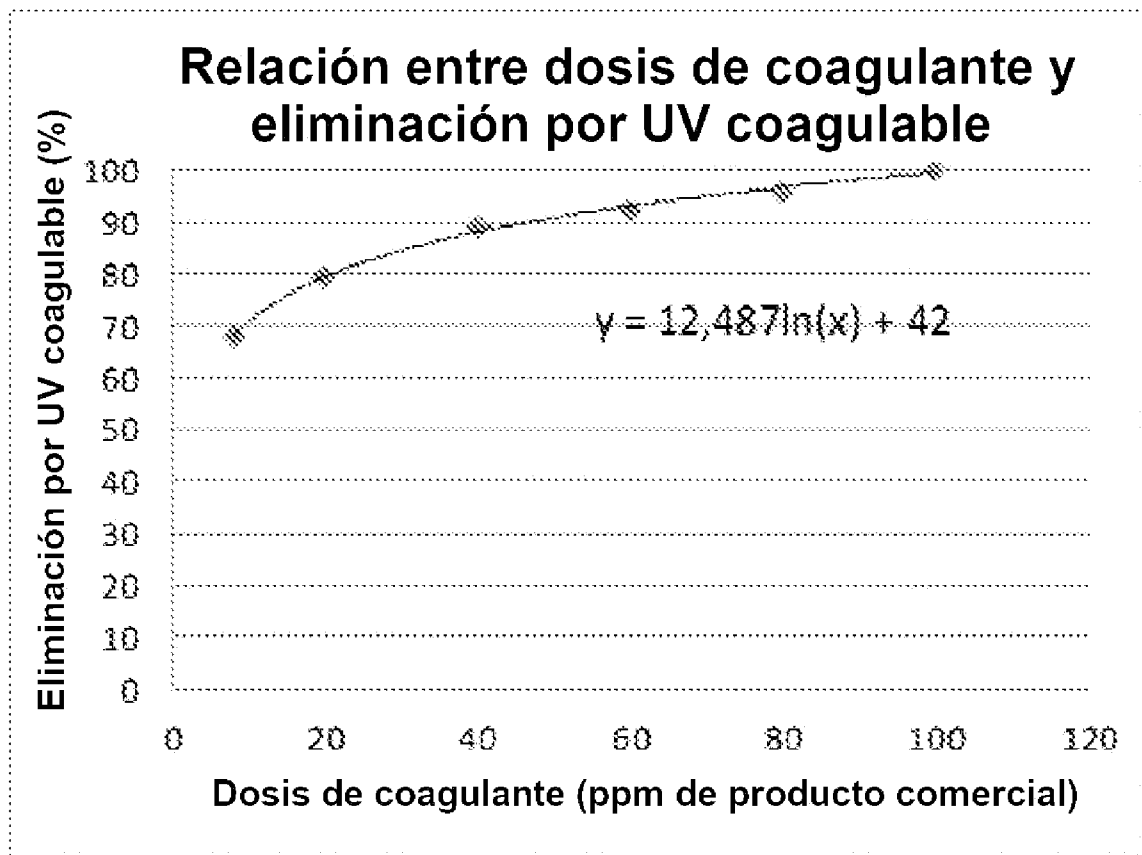


Figura 11

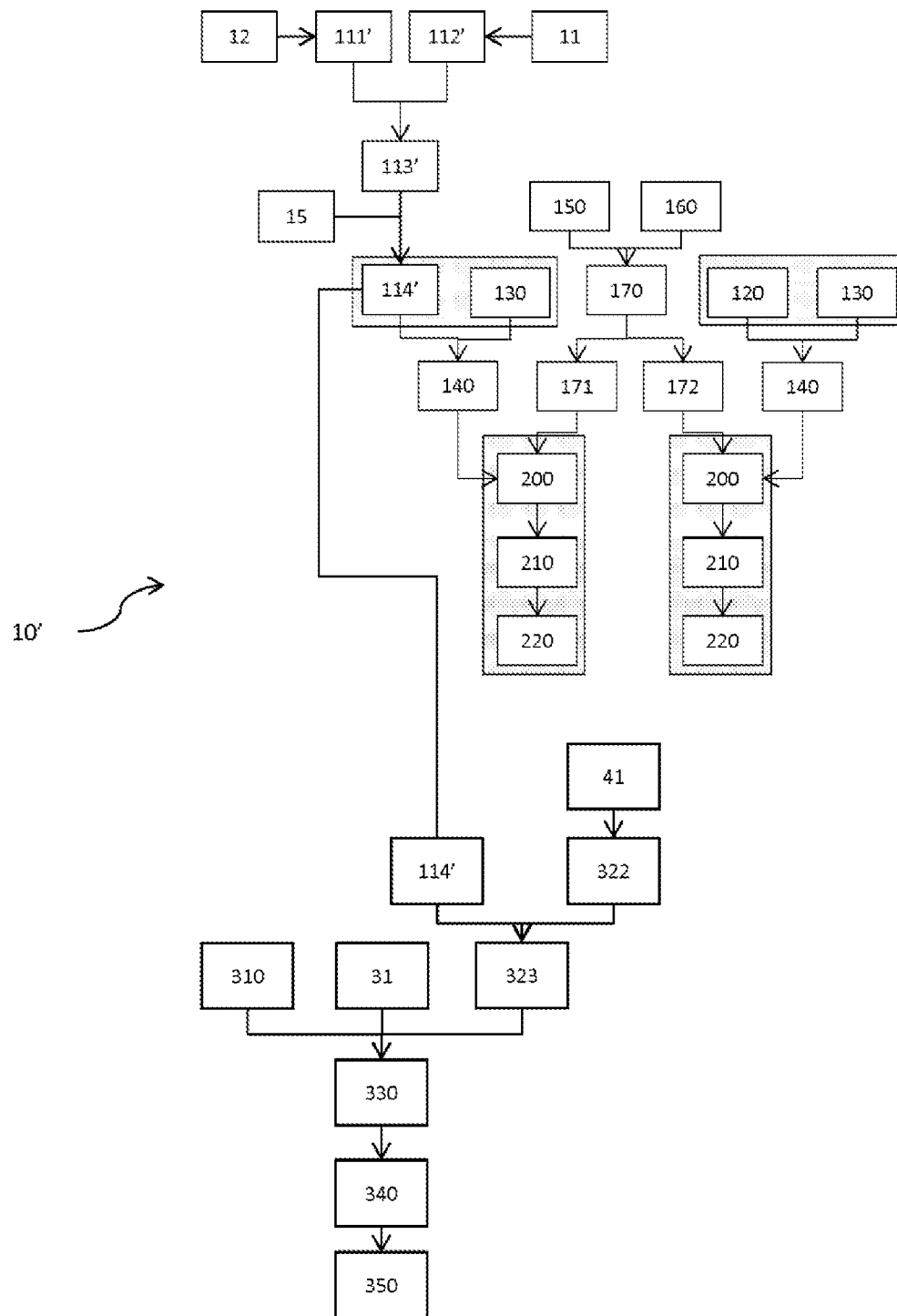


Figura 12