

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 251**

21 Número de solicitud: 202030285

51 Int. Cl.:

G01N 21/64 (2006.01)

C02F 3/06 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

07.04.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.07.2020

Fecha de concesión:

03.11.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

11.11.2020

73 Titular/es:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI (60.0%)

C/ Escorxador s/n

43004 Tarragona (Tarragona) ES y

**LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY (40.0%)**

72 Inventor/es:

CARAFÀ, Roberta;

VÁZQUEZ VILAMAJÓ, Lluís E.;

SIERRA LLOPART, Jordi y

GALLÉ, Tom

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN AGUA Y SISTEMA QUE LO COMPRENDE**

57 Resumen:

Dispositivo (30) de monitorización de sustancias tóxicas en agua y sistema que lo comprende. El dispositivo incorpora una cámara de referencia (1) con un filtro depurativo (8) y una cámara de monitorización (2) con un filtro inerte (9). Ambas cámaras (1, 2) incorporan además cada una entrada y una salida para el flujo de agua y albergan un biofilm (5) y un fluorímetro (6) para medir la fluorescencia. Una unidad de adquisición de datos (18) adquiere mediciones del fluorímetro (6) de cada cámara (1, 2) que puede ser comparada para identificar cambios en el medio acuático. En las dos cámaras se pueden incorporar captadores pasivos para contaminantes orgánicos (3) e inorgánicos (4), que una vez analizados en laboratorio, permiten complementar los resultados obtenidos a partir del biofilm. El sistema incluye un computador remoto (21) para transmitir alarmas a terminales (22).

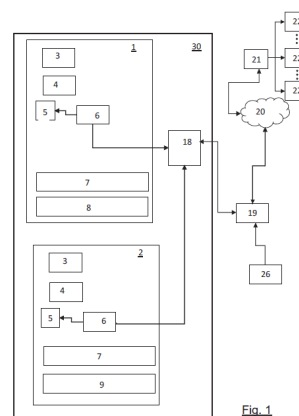


Fig. 1

ES 2 772 251 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN AGUA Y SISTEMA QUE LO COMPRENDE

5

Campo técnico de la invención

10 La invención pertenece al campo de la monitorización de la calidad y seguridad del agua. Más concretamente se relaciona con sistemas y métodos de pronta detección de microcontaminantes en aguas superficiales.

Estado de la Técnica

15 Tradicionalmente, la evaluación de los tóxicos en el agua depende del muestreo de agua y de la extracción y análisis de contaminantes por cromatografía y espectrometría de masas, pero el análisis químico es costoso y requiere mucho tiempo. Se requieren técnicos especializados para muestreo y análisis. Solo se pueden detectar compuestos en instrumentos detectores previamente calibrados.
20 Debido a la escasa información sobre los efectos tóxicos de las mezclas, existen dificultades en la evaluación del impacto.

Hay disponibles actualmente sondas in situ para ecosistemas acuáticos capaces de transmitir señales y alertas aunque únicamente miden parámetros hidráulicos (por ejemplo, nivel de agua, flujo) y componentes químicos inorgánicos (por ejemplo,
25 oxígeno, pH, sólidos en suspensión, etc.). En general, estas sondas tienen varias desventajas: son para sustancias específicas y/o están pensadas para un uso en laboratorio y/o son costosas y/o tienen mantenimiento exigente y/o la interpretación de los resultados es difícil.

Algunas técnicas de análisis utilizan biofilms (también denominado tapiz bacteriano o
30 tapete microbiano) como bio-indicador de la calidad y seguridad del agua. Por biofilm se entiende una película formada por microalgas, diatomeas y bacterias. En general, estas técnicas de análisis tienen que hacerse in situ y proporcionan resultados poco

fiables. Tienen una alta variabilidad y están sujetas a interpretación con lo que resultan a menudo poco prácticos.

Por una parte, los indicadores basados en biofilm están influenciados por multitud de variables no necesariamente relacionadas con la contaminación del agua, como la
5 intensidad de la luz, los sólidos en suspensión, los nutrientes nitratos, nitritos, fósforo, temperatura, velocidad del flujo de agua, etc. que afecten a la validez de los resultados.

Por otra parte, el biofilm puede adaptarse a las condiciones del agua y desarrollar resistencias específicas que afecten a su sensibilidad. En consecuencia, los resultados
10 de indicadores basados en biofilm pueden ser sesgados.

Breve descripción de la invención

A la vista de las limitaciones observadas en el estado de la técnica, se ha visto la
15 necesidad de mejorar el diagnóstico de las aguas.

Adicionalmente, sería deseable una detección rápida, especialmente en lugares de interés. Por ejemplo, a la salida de estaciones de tratamientos de aguas residuales (EDAR) o en puntos para suministro de agua potable.

La presente invención se concibe para afrontar estos y otros problemas. Se plantea un
20 dispositivo con las características técnicas de la reivindicación independiente. Realizaciones particulares y ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes.

De forma general, se plantea un dispositivo para la monitorización de sustancias tóxicas en agua que incluye una primera cámara de referencia con un filtro depurativo
25 y una segunda cámara de monitorización con un filtro inerte. Ambas cámaras son sumergibles y disponen, cada una, de: una entrada y una salida para el flujo de agua, un módulo de alojamiento para albergar por lo menos un biofilm, y un fluorímetro para medir la fluorescencia en el biofilm. En uso, el módulo de alojamiento debe recibir luz exterior para el biofilm. El dispositivo incorpora además una unidad de adquisición de
30 datos para recoger la medición de fluorescencia del biofilm en cada cámara. Así, se puede establecer una comparación local entre un biofilm con agua depurada de sustancias tóxicas y otro biofilm con agua sin depurar y, con ello, discriminar cambios debidos a contaminantes. Esta especificidad permite descartar cambios en el biofilm

ocasionados por otros factores. Por ejemplo, existen variaciones en las condiciones climáticas que son ajenas a la contaminación pero que provocan cambios en el biofilm y que, por tanto, podrían generar falsos positivos de contaminación.

Otra ventaja del dispositivo es que puede ser diseñado de manera versátil en función del entorno de trabajo. Por ejemplo, el material del filtro se puede elegir según el tipo de contaminantes que se quiere retener.

El dispositivo puede opcionalmente integrar captadores pasivos para contaminantes orgánicos y metales. Mediante la extracción de la muestra contenida en el captador pasivo y análisis, que puede ser analizada a posteriori en laboratorio, el uso de estos captadores pasivos en el dispositivo proporciona información suplementaria. Dicha información suplementaria sirve como confirmación de que los cambios en el biofilm se deben realmente a contaminantes. Asimismo, sirve adicionalmente para reconocer si el funcionamiento de los filtros es correcto.

El dispositivo puede contar opcionalmente con un sistema de transmisión de datos. El sistema de transmisión de datos puede comunicar con otros sistemas remotos encargados de revisar la información y actuar en consecuencia. Por ejemplo, puede tomar acciones como generar alarmas por el tipo de contaminación, avisos de mantenimiento, etc. También es compatible con otras herramientas y accesorios que pueden incorporarse para adaptarse a requisitos específicos.

La invención también plantea un sistema que incorpore uno o varios dispositivos de monitorización de sustancias tóxicas en agua y además un computador remoto en comunicación con cada dispositivo de monitorización. El computador está programado para comparar las mediciones adquiridas en ambas cámaras de cada dispositivo y además para enviar una alarma a uno o más terminales de vigilancia en función del resultado de la comparación. Estos terminales son dispositivos electrónicos como teléfonos móviles, tabletas, ordenadores, etc.

Breve descripción de las figuras

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

FIG. 1.- Diagrama esquemático de bloques según una realización del dispositivo.

FIG. 2.- Esquema de las cámaras según una realización del dispositivo.

FIG. 3.- Despiece esquemático de una de las cámaras según una realización del dispositivo.

5

Referencias numéricas

1 Cámara de referencia.

2 Cámara de monitorización.

3 Captador pasivo para contaminantes orgánicos.

10 4 Captador pasivo para contaminantes inorgánicos.

5 Biofilm.

6 Fluorímetro.

7 Membrana de paso.

8 Filtro depurativo.

15 9 Filtro inerte.

10 Módulo de alojamiento.

14 Orificio de salida para cableado.

16 Cable subacuático.

17 Cierre.

20 18 Unidad de adquisición de datos.

20 Servidor en la nube.

21 Computador remoto.

22 Terminal de vigilancia

23 Unidad de comunicación de datos.

25 24 Señal de aviso.

26 Sistema de producción de energía renovable.

27 Tornillos.

30 Dispositivo de monitorización de sustancias tóxicas.

Descripción detallada de la invención

En la **FIG. 1** se muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de acuerdo con una realización, el dispositivo de monitorización **30** permite, de manera continua, una pronta detección de la presencia de contaminación en el agua. El dispositivo **30** utiliza biofilm **5**. El biofilm **5** es una comunidad viva muy sensible y sirve como elemento de detección principal. El dispositivo **30** cuenta con una configuración que evita errores de interpretación generados por factores externos no relacionados con la presencia de contaminantes que se quieren detectar.

En funcionamiento, el dispositivo **30** detecta cambios mediante mediciones de fluorescencia de biofilm **5** realizadas en dos espacios distintos, sumergidos en el medio acuático, a través de su fluorímetro **6** correspondiente. Un primer espacio sirve de referencia local con la que disponer de las condiciones en el entorno sin sustancias tóxicas. Sobre un segundo espacio se monitorizan los cambios del entorno debidos la presencia de sustancias tóxicas. Para crear estos dos espacios en contacto con el medio acuático se diseñan unas cámaras **1**, **2**. Entre otras propiedades concretas, ambas cámaras **1**, **2** deben permitir desarrollo del biofilm **5** en condiciones. En caso de contaminación, una de ellas, la cámara de referencia **1** debe mantener al biofilm **5** en agua depurada de contaminantes, para así poder identificar el cambio sufrido por en el otro biofilm **5** que se encuentra en la cámara de monitorización **2** expuesto a contaminantes que existan en el medio.

En la cámara de referencia **1**, el agua entrante se purifica de contaminantes, pero mantiene otras características (temperatura, pH, nutrientes, etc.). Las medidas del biofilm **5** de cada cámara **1**, **2** se comparan. En función de esta comparación, si hay una diferencia significativa, el dispositivo de monitorización **30** es capaz de generar una señal de aviso. Con esta señal de aviso se puede emitir una alerta. Por ejemplo, la señal de aviso puede transmitirse fácilmente empleando tecnología inalámbrica como WiFi.

El dispositivo de monitorización **30** permite verificar así la calidad del agua de forma continuada. El diseño admite además emplear captadores pasivos para detectar la contaminación por compuestos farmacéuticos y metales pesados entre otros. Para ello puede integrar, además de un biofilm **5**, un captador pasivo para contaminantes inorgánicos **4** (DGT, por sus siglas en inglés) y un captador pasivo para contaminantes

orgánicos **3** (POCIS, por sus siglas en inglés). Estos captadores pasivos **3**, **4** se pueden utilizar como respaldo para el análisis químico y la identificación de contaminantes.

El tipo de fluorímetro **6** empleado es preferentemente de pulsos de amplitud modulada para una evaluación rápida de cambios en indicadores estructurales y funcionales.

Para establecer si las diferencias en medición del fluorímetro **6** de la cámara de referencia **1** y del fluorímetro **6** de la cámara de monitorización **2** son significativas, se calibran en campo y en laboratorio.

Hay que considerar que el biofilm **5** se suele cultivar en condiciones de agua limpia. El biofilm **5** reacciona a la exposición a contaminantes con cambios en los parámetros funcionales (por ejemplo, eficiencia de la fotosíntesis, fluorescencia basal, etc.). Estos cambios son detectables por el fluorímetro **6**. Ventajosamente, la presencia de una referencia local evita falsos positivos. A menudo factores externos no relacionados con toxicidad pueden afectar los valores medidos en el biofilm. Por ejemplo, estos parámetros se ven influenciados por la temperatura, la turbidez o los nutrientes. Previamente, se realiza una calibración adecuada en laboratorio. Con las mediciones se pueden obtener diversos parámetros, entre los que se pueden mencionar principalmente:

- YII, eficiencia fotosintética (*photosynthetic yield*, en inglés) con rango de 0 a 100% teóricamente, y con valores normales para un biofilm en buenas condiciones entre 60% y 70%;
- Fluorescencia basal: representa una medida indirecta de biomasa y puede subir o crecer o permanecer constante durante la exposición, (el rango depende de la calibración del sensor que se hace previamente a la instalación);
- Y(NPQ), atenuación no fotoquímica regulada (en inglés: *yield of regulated non-photochemical fluorescence quenching*) que representa la energía que las células emiten en forma de calor, es un mecanismo de protección y es un indicador de estrés;
- Y(NO), atenuación no fotoquímica no regulada (en inglés: *yield of non regulated non-photochemical fluorescence quenching*) este parámetro indica una disfunción de los mecanismos de fotosíntesis y/o de protección.

De hecho: $YII + Y(NPQ) + Y(NO) = 100\%$, si las células bajan su energía por la fotosíntesis, crecerá la energía gastada en calor o usada, por ejemplo, para detoxificación. Pruebas de laboratorio indican la relación entre efecto y mezcla tóxica.

La referencia local permite apreciar también variaciones pequeñas que serían confundidas con efectos por factores no tóxicos.

Al dispositivo de monitorización **30** se le puede acoplar una unidad de adquisición de datos **18** (que puede ser sumergible) cableada hasta un equipo de superficie **19**,
 5 ubicado fuera del agua y alimentado por un sistema de producción de energía **26**, por ejemplo, de energía renovable para mayor autonomía. En dicho equipo de superficie **19**, una unidad de comunicación permite la posibilidad de enviar la información adquirida para su procesamiento, por ejemplo, hasta un computador remoto **21** que, entre otras acciones, encargarse de emitir una alerta en función de los datos recibidos.
 10 Pueden establecerse diferentes tipos de alertas según el grado estimado de toxicidad.

Con referencia a las FIG. 2 y 3, se explica el funcionamiento y más detalles constructivos de realizaciones particulares del dispositivo de monitorización de sustancias tóxicas **30** para un entendimiento más completo.

15

En la **FIG. 2** se representan varios detalles del empleo y la configuración de una realización del dispositivo de monitorización **30**.

La cámara de monitorización **1** y la cámara de referencia **2** se instalan en la dirección del flujo de agua para que la corriente transporte hasta los sensores los posibles
 20 contaminantes. Ambas cámaras se pueden fabricar con forma cilíndrica en metacrilato (PMMA), a veces denominado comúnmente como Plexiglas (marca bajo la que se comercializa) con unos 3 mm de espesor con capacidad de varios litros.

En la cámara de referencia **1**, el agua atraviesa una membrana de paso **7** y llega a un filtro purificador **8** de carbón activado. Cuando el carbón activado está en forma de
 25 granos, el filtro purificador **8** incluye elementos, por ejemplo, un alojamiento también de material PMMA, u otro material inerte (u otro material con características similares), con una base agujereada para permitir la salida del agua, pero no del carbón, esta base agujereada presenta orificios regulares de 1-2 mm de diámetro. Para evitar la salida accidental del carbón activado granular, se puede además añadir en la base del
 30 filtro una capa adicional de 5 mm de espesor de lana de vidrio o una otra membrana semipermeable inerte. De esta forma, el agua llega limpia y sin material del propio filtro al biofilm **5**.

En la cámara de monitorización **2**, el agua atraviesa una membrana de paso **7** hasta el filtro inerte **9** de lana de vidrio donde llega al biofilm **5** no depurada. El filtro inerte **9** incluye los mismos elementos del filtro purificador **8** con la diferencia que se rellena con lana de vidrio en vez de carbón activado.

- 5 Las cámaras **1**, **2** se diseñan especialmente para garantizar que el biofilm **5** disponga de flujo de agua, luz y nutrientes específicos para sobrevivir. Entre otras consideraciones, debe permitir el paso de luz, ser suficientemente resistente para soportar las condiciones de trabajo, y ser inerte respecto a las sustancias que se quieren analizar. Por ejemplo, no es adecuado el PET porque puede adsorber
- 10 contaminantes. Preferiblemente, debe ser un material de bajo coste, resistente a ácidos y solventes diluidos para que sea fácil de limpiar. Debe tenerse en cuenta que, otros componentes de cada cámara **1**, **2**, como por ejemplo tornillos o remaches, también deben estar realizados en materiales inertes. Para estas piezas, el acero inoxidable o el politetrafluoroetileno (PTFE) conocido también como teflón son
- 15 materiales adecuados.

Como se ha mencionado, a la entrada y salida de la cámara de referencia **1** se coloca una membrana de paso **7** inerte y semipermeable que permite el paso preferencial de ciertas sustancias frente a otras. La membrana puede, por ejemplo, estar fabricada en material de poliéster de sulfurona (PES). La membrana **7** tiene diversas funciones:

- 20 - Retener el exceso de sólidos suspendidos (pueden interferir con el fluorímetro).
- Estabilizar el flujo de agua para que sea el mismo en las dos cámaras.
- Evitar la colonización rápida del biofilm con especies resistentes para mantener un biofilm sensible durante más tiempo.
- Asegurar un bajo flujo de agua a través del filtro purificador **8** para asegurar la
- 25 eficiencia en la eliminación de contaminantes.

Con carbón activado o un material de características similares se purifica el agua que entra en la cámara de referencia **1**. Se retienen contaminantes orgánicos polares, generalmente con coeficiente de reparto octanol-agua, $KOW \leq 3$, y metales pesados.

- 30 El coeficiente de reparto octanol-agua de una sustancia, también llamado coeficiente de partición (POW), es el cociente o razón entre las concentraciones de esa sustancia en una mezcla bifásica formada por dos disolventes inmiscibles en equilibrio: n-octanol y agua. Ese coeficiente mide, pues, la solubilidad diferencial de un soluto en esos dos disolventes. Se ha elegido el n-octanol por ser un compuesto orgánico que simula bien

el material lipídico de la biota, o en partículas y sedimentos orgánicos. Este coeficiente da idea del carácter hidrófobo de una sustancia o la afinidad hacia los lípidos de una sustancia disuelta en agua.

5 Ha de tenerse en cuenta que el filtro purificador **8** no contenga sustancias nocivas para el biofilm, por ejemplo, sería inadecuado un filtro biológico con bacterias puesto que podría alterar el biofilm. Debe permitir el flujo de agua, por ejemplo, con membranas de ultrafiltración sería necesario poner una bomba para permitir el flujo de agua. Preferiblemente, que sea económico, reemplazable fácilmente, reusable. Por todo lo anterior, el carbón activado es una buena elección, es reactivable con calor y reusable.

Adicionalmente, es deseable que sea un material homogéneo para evitar acumulaciones de agua en una zona del filtro, y llegue homogéneamente a todo el volumen del filtro. Una posibilidad es que sea granular porque tiene menor oposición al flujo de agua.

15 En cambio, en la cámara de monitorización **2** el agua tras atravesar la membrana de paso **7** llega a un filtro inerte **9** de lana de vidrio o de características similares. En este caso, el filtro inerte **9** no debe reaccionar con contaminantes orgánicos ni polares ($KOW \leq 3$) ni con metales pesados pero debe reunir el resto de características apuntadas antes para el filtro purificador **8**.

20 El diseño hidrodinámico de las dos cámaras **1**, **2** debe asegurar la retención adecuada de contaminantes. Por ejemplo, una forma cilíndrica asegura una distribución uniforme del flujo de agua que pasa a través de los filtros. Dado que el biofilm **5** es una comunidad microbiana viva con capacidad de regeneración, requiere poco mantenimiento.

25 Es recomendable para mejorar la eficiencia del dispositivo, que el biofilm **5** se cultive en un punto limpio y luego se transfiera al dispositivo. De esta manera, se facilita que las especies más sensibles están presentes.

El diseño del dispositivo **30** debe permitir un aislamiento relativo del biofilm dentro de la cámara de referencia **1** y de la cámara de monitorización **2**, que minimice la colonización de especies resistentes mediante membranas de paso **7** a la entrada y a la salida de ambas cámaras. Se busca un equilibrio que ralentice la colonización por especies resistentes sin aislar completamente el biofilm **5** para mantener el flujo de agua. Los extractos de los captadores pasivos **3**, **4** pueden ser analizados para una mejor determinación de la calidad y características del agua. De esta forma también es

posible asegurar no solo una mejor identificación de contaminantes sino además el buen funcionamiento de los filtros **8, 9**.

Versátilmente, las propiedades de los filtros **8, 9** se pueden escoger para adaptarse específicamente a las condiciones locales del agua a analizar. Habitualmente, la vida útil de un filtro varía de dos semanas a varios meses, dependiendo de la calidad del agua.

La **FIG. 3** es un ejemplo de un despiece de una posible cámara de monitorización **2** que se acopla a unos medios electrónicos para adquirir, transmitir y procesar la información procedente de dicha cámara de monitorización. Aunque no se muestra en esta figura, la cámara de referencia estaría igualmente acoplada con dichos medios electrónicos. En la cámara de monitorización **2** se aprecia cómo varios biofilms **5** se alojan en un módulo de alojamiento **10** que está dentro del interior de la cámara y se fabrica en PMMA.

En esta realización, el filtro **9** tiene asociada una estructura tubular (de contención) que define una cámara menor interior fabricada en PMMA u otro material con características similares.

El módulo de alojamiento **10** se puede extraer fácilmente por un extremo de la cámara **1, 2**, y está fabricado en PMMA. Para sujetar los elementos se usan los tornillos **27** (remaches o similar) de PTFE sobre un cierre **17**. En este ejemplo, el módulo de alojamiento **10** tiene capacidad para albergar hasta cinco biofilms **5**. La construcción garantiza la iluminación, esencial para el crecimiento del biofilm **5**. Todos los materiales utilizados en el ensamblaje del dispositivo (PMMA, PTFE y acero inoxidable) son resistentes e inertes. Gracias al filtro inerte **9**, penetran nutrientes y eventualmente micro-contaminantes.

Para asegurar la correcta iluminación del biofilm **5**, se debe mantener una orientación del módulo de alojamiento **10** hacia la superficie. Para ello, se realiza la distribución de masas en la cámara **2**, o se puede usar una estructura adicional como un lastre, un contrapeso, unos amarres, etc. que garantice esta orientación.

Respecto de la eliminación de la perturbación del sedimento suspendido mayor de 0.1-0.2 μm y para limitar colonización de biofilm **5** con especies resistentes se colocan unas membranas de paso **7**, por ejemplo, que sean semipermeables y micro-porosas de polietersulfona (PES) hidrófila, con porosidad 0.1-0.2 μm , en soportes de PMMA **17** con tornillos **27** de acero inoxidable a la entrada y salida de las cámaras **1, 2**.

La colocación de los captadores pasivos **3**, **4** debe maximizar la exposición de la superficie del sorbente. El biofilm **5** y el fluorímetro **6** se colocan inmediatamente después de los filtros **8**, **9** asegurando el contacto del biofilm **5** con posibles microcontaminantes presentes en el medio acuático. Además, el biofilm **5**, que está expuesto a la luz, se coloca a 2-3 mm aproximadamente del fluorímetro **6** asegurando una lectura correcta de las señales de fluorescencia. El diseño de la cámara como tubo ofrece buena hidrodinámica y una buena eficiencia de los filtros.

Ver valores obtenidos experimentalmente:

2.8-7.4 mL / min / cm² @ 0.7 bar, 10 ps con una membrana de paso **7** semipermeable de PES de 0.1 µm;

19.3-34.6 mL / min / cm² @ 0.7 bar, 10 ps con membrana de paso **7** semipermeable de PES de 0.2 µm.

Se ha comprobado que estos valores permiten el crecimiento, así como la acumulación de micro-contaminantes en el biofilm **5**, la acumulación de contaminantes también en los captadores pasivos **4**, **5**.

Aunque el material de fabricación es muy resistente, puede ser aconsejable en ciertos entornos colocar ambas cámaras **1**, **2** dentro de una jaula protectora en acero inoxidable. La jaula puede servir para mantener la orientación adecuada para que llegue la luz al biofilm **5**. También para evitar robos o impacto de piedras que traiga la corriente.

Respecto de los medios electrónicos, hay múltiples soluciones para recoger y procesar los datos procedentes de las mediciones. Una posibilidad para transmitir datos de los dos captadores pasivos **4**, **5** es hacerlo a través de un cable subacuático **16** (RS-485 / S) que sale del dispositivo a través de un pequeño orificio de salida **14** en cada cámara **1**, **2** hasta una unidad de adquisición de datos **18** con revestimiento impermeable. Los datos se pueden registrar en una memoria de almacenamiento, por ejemplo en un búfer de anillo interno y en una tarjeta microSD no extraíble. La unidad de adquisición de datos **18** se conecta a través de un cable **16** resistente al agua (RS-485 / S) hasta el equipo de superficie **19**, ubicado fuera del agua y alimentado por un sistema de producción de energía **26**, preferiblemente renovable, compuesto por uno o dos paneles solares o, en sitios con baja exposición a la luz solar, por una turbina hidráulica sumergida que convierte la energía del agua en energía mecánica más un generador hidroeléctrico que convierte esta energía mecánica en electricidad.

Es posible definir un sistema de monitorización que incluya uno o más dispositivos **30** para una gestión integral de la monitorización del agua en diferentes localizaciones. Cada equipo de superficie **19** se encarga de transmitir datos a un destino fijado, por ejemplo, virtualmente a un servidor en la nube **20** por medio de una unidad de
 5 transmisión **23** que puede ser un módem de teléfono o satélite con tecnología wifi o similar. Los datos almacenados en la nube **20** pueden ser accesibles y analizados a su vez desde un computador remoto **21** con que, en caso de una diferencia significativa de medidas entre las dos cámaras **1, 2**, puede programar el envío automático de una señal de aviso **24** a una serie de destinatarios. Por ejemplo, la alerta puede ser
 10 transmitida al personal de vigilancia a través de uno o más terminales de vigilancia **22**. El terminal de vigilancia **22** puede, por ejemplo, ser un teléfono inteligente con una app móvil o bien un ordenador, tableta, etc.

Se pueden añadir diversas funcionalidades de utilidad, por ejemplo el control de sensores, o la lectura registrada por los mismos. Por ejemplo, en el caso del
 15 fluorímetro **6** se puede instalar un software de control para realizar un análisis de saturación por pulsos y un cálculo de parámetros de fluorescencia estándar. Es posible definir la ejecución de procedimientos experimentales personalizados fácilmente programables utilizando archivos por lotes. También se puede implementar la exportación de datos en formato CSV (valores separados por comas) para registrar
 20 trazas de fluorescencia originales, datos de pulso saturado y estimaciones de parámetros de curvas de respuesta a la luz.

Los captadores pasivos integrados **3, 4** que son capaces de acumular compuestos orgánicos como pesticidas, productos farmacéuticos y metales pesados se pueden recuperar y los extractos ser analizados en el laboratorio, con técnicas de
 25 cromatografía y espectrofotometría de masa, ante un cambio significativo detectado en el biofilm **5**. Este sería el modo de actuación frente a un episodio de contaminación. Los adsorbentes pueden extraerse y analizarse, proporcionando información valiosa por ejemplo para identificar a los posibles responsables de los efectos tóxicos registrados en el biofilm.

30

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de monitorización de sustancias tóxicas en agua caracterizado por que comprende:

5 una primera cámara de referencia (1) que comprende un filtro depurativo (8) y una segunda cámara de monitorización (2) que comprende un filtro inerte (9), donde ambas cámaras (1,2) son sumergibles y comprenden además cada una:

una entrada y una salida para el flujo de agua;

10 un módulo de alojamiento (10) configurado para albergar al menos un biofilm (5);

un fluorímetro (6) configurado para medir la fluorescencia del biofilm (5);

donde ambas cámaras (1,2) están configuradas para permitir que, en uso, el módulo de alojamiento (10) reciba luz exterior;

15 donde el dispositivo (1) comprende además una unidad de adquisición de datos (18) configurada para adquirir la medición de la fluorescencia del fluorímetro (6) de cada cámara (1,2).

2. Dispositivo (1) según reivindicación 1, que comprende además un captador pasivo para contaminantes orgánicos (3).

20 3. Dispositivo (1) según reivindicación 1 o 2, que comprende además un captador pasivo para contaminantes inorgánicos (4).

25 4. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende comprenden una membrana de paso (7) a la entrada y la salida de la cámara (1,2) para el flujo de agua, donde la membrana de paso (7) es inerte y semipermeable.

30 5. Dispositivo (1) según reivindicación 4, donde la membrana de paso (7) comprende PES.

6. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el filtro depurativo (8) comprende carbón activado.

7. Dispositivo (1) según reivindicación 6, donde el carbón activado es granular.

5

8. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el filtro inerte (9) comprende lana de vidrio.

9. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde medición de la fluorescencia comprende al menos uno de los siguientes parámetros:

- fluorescencia basal;
 - eficiencia fotosintética, Y_{II} ;
 - atenuación no fotoquímica regulada, $Y(NPQ)$;
 - atenuación no fotoquímica no regulada, $Y(NO)$;
- 15 - o una combinación de los anteriores.

10. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el filtro depurativo (8) y/o el filtro inerte (9) se instalan dentro de una cámara menor interior.

20

11. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un equipo de superficie (19) configurado para recoger y transmitir las mediciones adquiridas por la unidad de adquisición de datos (18).

12. Dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el equipo de superficie (19) comprende una unidad de comunicación inalámbrica (23).

13. Sistema de monitorización de sustancias tóxicas en agua caracterizado por que comprende:

30 un dispositivo (30) según la reivindicación 11 o 12;

un computador remoto (21) configurado para comunicarse con el dispositivo (30) y para comparar las mediciones adquiridas en ambas cámaras (1,2), donde el computador remoto (21) está configurado además para enviar una alarma a uno o más terminales de vigilancia (22) en función del resultado de la comparación.

5

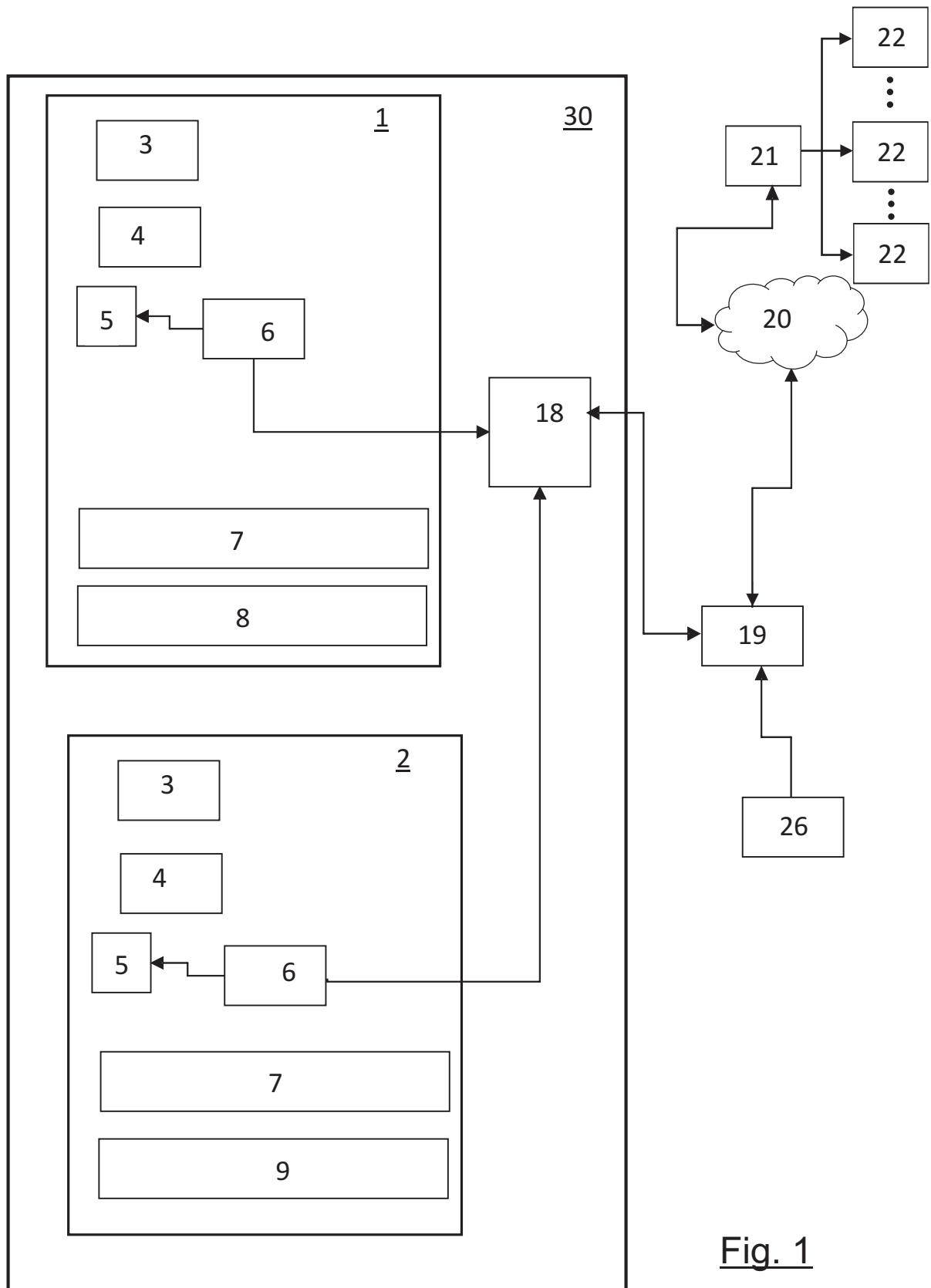


Fig. 1

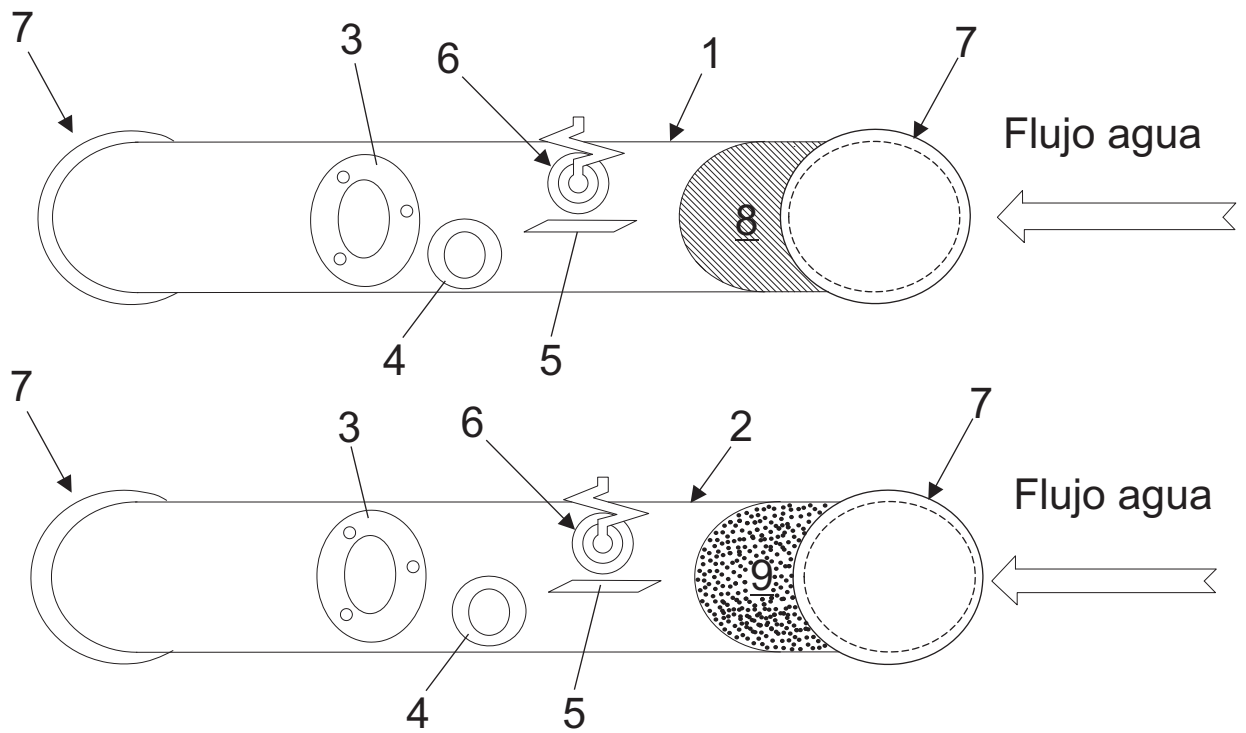


Fig. 2

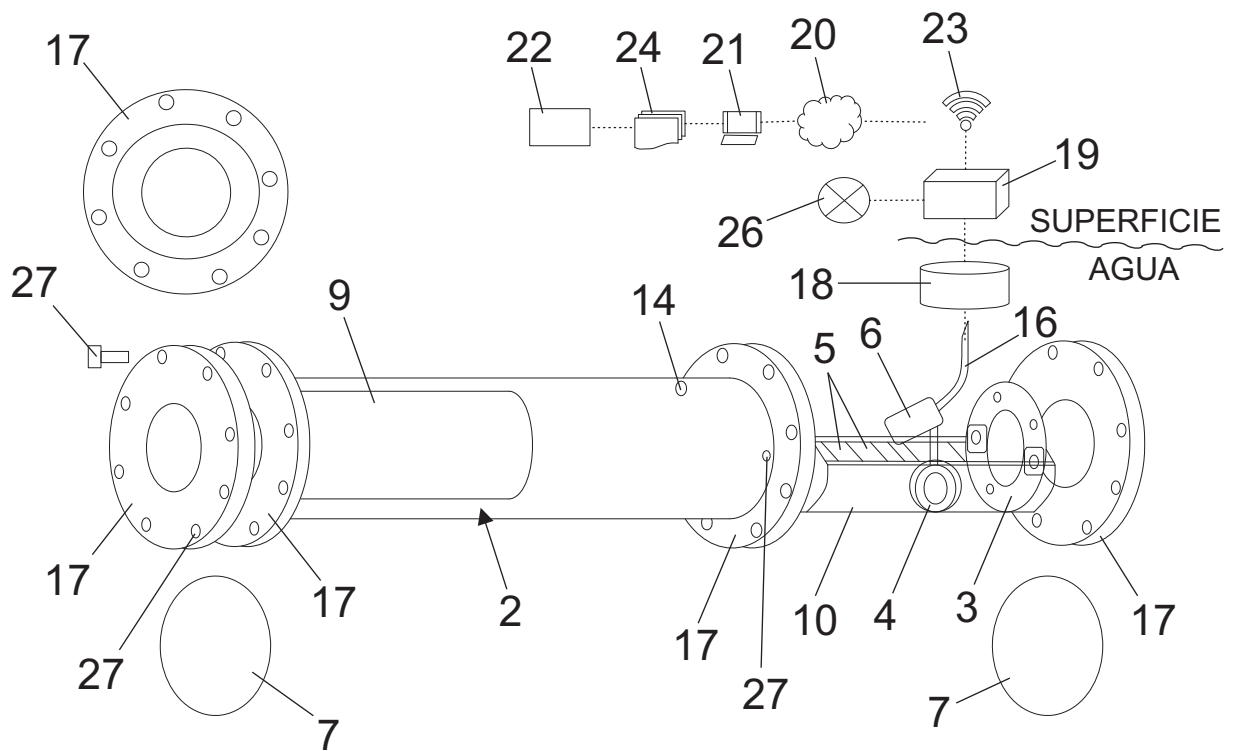


Fig. 3