

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 865**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

C12M 1/12 (2006.01)

C12M 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2014 PCT/EP2014/065126**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007724**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2014 E 14739162 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3022283**

54 Título: **Procedimiento e instalación de producción de microalgas**

30 Prioridad:

15.07.2013 FR 1356955

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

29.06.2020

73 Titular/es:

**INRIA - INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE (25.0%)
Domaine de Voluceau, Rocquencourt
78150 Le Chesnay, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (25.0%);
CENTRALE SUPÉLEC (25.0%) y
SORBONNE UNIVERSITÉ (25.0%)**

72 Inventor/es:

**BERNARD, OLIVIER;
LOPES, FILIPA;
PRUVOST, ERIC y
SCIANDRA, ANTOINE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 769 865 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

Procedimiento e instalación de producción de microalgas

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de microalgas en un soporte montado de manera móvil esencialmente en un medio acuoso contenido en un depósito, que comprende una sucesión de fases de exposición a la luz solar y fases de permanencia en la sombra de las microalgas que se desarrollan en el soporte, siendo la intensidad luminosa recibida en la sombra menor que el 50% de la intensidad luminosa media recibida durante las fases de exposición a la luz solar.

10 La producción en medio acuoso de microalgas o de cualquier otro microorganismo fotosintético es utilizada para satisfacer las necesidades de los mercados de la cosmética, la industria farmacéutica, la acuicultura, la producción de alimentos o de complementos alimentarios y la producción de bioenergía, aprovechando la capacidad de las microalgas de captar energía luminosa para fijar carbono inorgánico (principalmente en forma de dióxido de carbono o bicarbonato).

15 Las microalgas son cultivadas habitualmente en suspensión en un medio líquido cuya superficie es expuesta al sol. Para garantizar que cada célula pueda ser expuesta a la luz, al menos de manera intermitente, el medio es agitado por ejemplo mediante ruedas de álabes. Existen también fotobiorreactores cerrados, constituidos por un recinto transparente provisto de un dispositivo de agitación o de medios de puesta en circulación del flujo líquido entre dos paredes que permiten la exposición a una fuente luminosa.

20 Cualesquiera que sean, las instalaciones que requieren desplazamiento del medio de cultivo consumen mucha energía. Por otro lado, la cosecha de microalgas requiere a su vez una energía considerable como consecuencia de su baja concentración y de la pequeña diferencia de su densidad con la del medio, lo que hace delicada su separación. Esta separación es realizada habitualmente por centrifugación, que también consume energía.

Las microalgas pueden también desarrollarse en un soporte móvil tal como un soporte en forma de curva cerrada que circule sobre rodillos parcial o totalmente sumergidos en un medio acuoso.

25 A modo de ejemplo, el documento AU 2012 101 593 describe una instalación de esta clase, cuyo objeto es maximizar la exposición a luz artificial o natural de la biopelícula de microalgas en la superficie del soporte para optimizar su crecimiento. Las microalgas son expuestas a la luz esencialmente al emerger la porción del soporte en la que se acumulan. La combinación de fuentes de luz natural y artificial (diodos electroluminescentes) permite maximizar la intensidad luminosa, en particular durante variaciones de intensidad luminosa del sol, como se indica en el párrafo 2.

30 El documento WO2013071364 describe un fotobiorreactor que comprende una banda móvil en la que son cultivadas algas (resumen, [0063]). Rodillos transportan la banda a través del medio de cultivo (figura 3, [0080]) y a través de una zona de iluminación (figura 5, [0080]). Las algas pueden ser cultivadas en la oscuridad o con luz, o durante fases alternantes de luz y sombra, en función del alga cultivada ([0059], [0123]).

35 Aunque estos procedimientos permiten una cosecha más fácil y que consume menos energía que los procedimientos de producción de microalgas en suspensión, sus rendimientos son modestos, en particular con iluminación de alta intensidad.

La invención tiene por objeto ofrecer un procedimiento de producción de microalgas que mejore el rendimiento, en particular con iluminación de alta intensidad.

40 Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de producción de microalgas caracterizado por que la duración total de las fases de permanencia en la sombra es un 50% mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz solar.

De acuerdo con modos particulares de realización, la invención comprende una o varias de las características siguientes:

- la duración total de las fases de permanencia en la sombra es entre 2 y 10 veces mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz;
- 45 - la duración de cada fase de exposición a la luz está comprendida entre 5 segundos y 10 minutos;
- el soporte circula en curva cerrada entre rodillos, estando comprendida la velocidad del soporte entre 1 cm/s y 1 m/s;
- la dosis total de iluminación de las microalgas durante cada fase de exposición está comprendida entre 1 y 60 milimoles de fotones/m²;
- 50 - las microalgas forman parte de una o varias especies comprendidas en el grupo que consiste en *Botryococcus sp.*, *Porphyridium sp.*, *Cylindrotheca sp.*, *Navicula sp.*, *Haslea sp.* y *Chlorella sp.*; y

- Las microalgas son mantenidas al menos el 90% del tiempo en el medio acuoso.

La invención se refiere también a una instalación de producción de microalgas que comprende una o más de las características que siguen:

- dicha instalación de producción de microalgas comprende:

- 5
- un depósito;
 - un soporte montado de manera movable en un medio acuoso contenido en el depósito, y
 - medios de accionamiento y guía del soporte sucesivamente en secciones de exposición a la luz solar de las microalgas en el soporte y en secciones de reposo en la sombra, siendo la disposición de manera que la intensidad luminosa recibida durante desplazamientos en las secciones de reposo en la sombra sea menor que el 50% de la intensidad luminosa media recibida durante desplazamientos en las secciones de exposición a la luz solar, caracterizada por que los medios de accionamiento y guía del soporte están adaptados para que la duración total de los desplazamientos en las secciones de reposo en la sombra sea un 50% mayor que la duración total de los desplazamientos en las secciones de exposición a la luz solar;
 - el soporte está doblado en curva cerrada y es guiado en secciones superpuestas, formando la sección superior una sección de exposición dispuesta encima de las demás secciones, que forman secciones de reposo situadas en la sombra de la sección de exposición;
 - el soporte está doblado en curva cerrada y comprende medios de guía del soporte en secciones verticales ascendentes y descendentes en dirección sensiblemente perpendicular a la superficie del medio acuoso contenido en los depósitos dispuestos en la sombra; y
 - el soporte es una banda de Möbius.
- 10
- 15
- 20

La invención será comprendida de mejor manera una vez leída la descripción que sigue, ofrecida únicamente con carácter de ejemplo y referida a los dibujos, en los que:

- la figura 1 es una vista lateral esquemática de una instalación de producción de microalgas según la invención;
 - la figura 2 es una vista, idéntica a la de la figura 1, de una variante de realización;
 - la figura 3 es una vista lateral esquemática simplificada de otro modo de realización de una instalación de producción de microalgas según la invención;
 - la figura 4 es una vista, idéntica a la de la figura 3, de una variante de realización;
 - la figura 5 es una vista lateral esquemática simplificada de todavía otro modo de realización de una instalación de producción de microalgas según la invención;
 - la figura 6 es una vista, idéntica a la de la figura 5, de una variante de realización;
 - la figura 7 es una vista lateral esquemática simplificada de un último modo de realización de una instalación de producción de microalgas según la invención;
 - la figura 8 es una vista en corte longitudinal de un ejemplo de realización de un rodillo de una instalación de las figuras precedentes; y
 - la figura 9 es una vista, idéntica a la de la figura 8, de una variante de realización.
- 25
- 30
- 35

Cualquiera que sea el modo de realización, la invención descrita en lo que sigue es particularmente adaptable a zonas receptoras de grandes intensidades luminosas generadas por la radiación solar. Desde el punto de vista de la presente solicitud se consideran grandes las intensidades luminosas mayores que 300 micromoles de fotones/m²/s.

La instalación 10 que representa la figura 1 comprende esencialmente un depósito 12 y un soporte 14 que circula en el depósito 12 y en el que se desarrollan microalgas que forman una biopelícula.

Las microalgas son células de tamaño comprendido entre 1 y 100 micras. Estas microalgas forman parte de una o varias de entre las especies *Botryococcus braunii*, *Porphyridium cruentum* y especies epipélicas tales como *Cylindrotheca closterium* o *Navicula salinarum*. Las especies así cultivadas, solas o en asociación con otras algas tales como *Chlorella sorokiniana* y/o bacterias, son utilizadas de manera ventajosa para degradar o fijar elementos en el agua.

El depósito 12 está abierto por su parte superior. Su superficie 16 está expuesta directamente a la radiación solar 18 y se extiende en toda la superficie abierta del depósito 12. Presenta un área comprendida entre 0,1 m² y 10.000 m²,

preferiblemente entre 10 m² y 1.000 m². La instalación no dispone de más fuente luminosa que el sol para la exposición de las microalgas.

5 El depósito 12 puede ser, por ejemplo, una cuba mamposteada o un volumen de agua natural, tal como un lago, un estanque o una bahía. Alternativamente, el depósito puede ser un depósito de tratamiento de agua de una instalación de depuración, adaptado en particular para tratar nitrógeno y fósforo inorgánicos.

Se prefiere que el agua contenida en el depósito sea renovada de manera continua.

En caso de cuba mamposteada, el depósito presenta una profundidad comprendida entre 10 cm y 150 cm, preferiblemente entre 50 cm y 1 m. Se prefiere que la profundidad sea mayor que 50 cm.

10 El soporte 14 está constituido por una banda en curva cerrada y guiada por un conjunto de rodillos de vuelta y guía 20. Al menos uno de los rodillos está provisto de un motor de accionamiento del soporte 14.

15 A modo de ejemplo, el soporte puede estar formado por una cinta cuya resistencia mecánica esté garantizada, cubierta por una cara con un lienzo tejido de polímero o cualquier otro soporte flexible. Se prefiere que el soporte de la biopelícula sea hidrófobo, rugoso y presente cavidades o microcavidades. Ha de ser lo bastante flexible como para soportar el paso por los rodillos. Ha de resistir la luz y, en particular, la radiación ultravioleta. El material se selecciona de manera que su eventual deterioro no afecte a la actividad biológica.

Materiales tales como el algodón, la tela de yute, el polietileno o el poliuretano son ventajosos como lienzo de soporte de la biopelícula. Lienzos de poliéster y poliuretano utilizados en el sector agroalimentario colonizables por bacterias son particularmente apropiados.

Ventajosamente pueden ser utilizados biopolímeros para formar el lienzo de soporte de la biopelícula.

20 Es ventajoso que el soporte presente una anchura comprendida entre 0,1 m y 2 m. A modo de ejemplo, su longitud total puede estar comprendida entre 1 m y 5.000 m.

Para evitar que el depósito se caliente en exceso por efecto de la radiación solar se determina la relación entre el volumen del medio líquido contenido en el depósito 12, la superficie abierta 16 y la superficie del soporte de manera que la temperatura del medio se mantenga entre 20°C y 35°C.

25 En el modo de realización de la figura 1 hay dispuestas dos series verticales de rodillos en los dos extremos opuestos del depósito 12.

30 Los rodillos están dispuestos con sus ejes paralelos a la superficie del agua 16. Los ejes de los rodillos son paralelos entre sí. Los rodillos están previstos uno encima de otro a una y otra parte del depósito, de manera que el soporte circule en secciones generalmente horizontales desde un rodillo en dirección a otro rodillo del borde opuesto, siendo hecho dar la vuelta el soporte en cada rodillo.

La disposición está prevista de manera que el soporte circule en secciones superpuestas y paralelas entre sí y a la superficie del agua 16. Circula el soporte así en bustrófedon. La sección de circulación del soporte dispuesta inmediatamente debajo de la superficie 16 constituye una sección 24 de exposición de las microalgas a la radiación solar a través de la superficie 16.

35 La sección de exposición 24 está situada a una profundidad comprendida entre 3 cm y 20 cm con respecto a la superficie 16. Es ventajoso seleccionar la profundidad de manera que el soporte esté lo más cerca posible de la superficie 16 y al mismo tiempo se limite la interacción con las pequeñas ondas de la superficie. Es ventajoso que la intensidad luminosa en la sección de exposición 24 esté comprendida entre 100 y 400 micromoles de fotones/m²/s.

40 La sección de exposición 24 del soporte cubre las demás secciones de circulación del soporte, dispuestas en un nivel inferior. Estas secciones de circulación inferiores o secciones de reposo 26 están protegidas de la radiación solar directa merced a la presencia de la sección de exposición 24, generalmente opaca, por lo que se encuentran en la sombra.

45 Desde el punto de vista de la patente, la sombra constituye una parte del medio en la que la intensidad luminosa resultante de la luz solar se reduce a un valor inferior al 50% de la intensidad luminosa media recibida por la sección de exposición 24.

50 Así, la intensidad luminosa en la sombra a la que son sometidas las microalgas en las secciones de reposo 26 es menor que 100 micromoles de fotones/m²/s, y de preferencia menor que 10 micromoles de fotones/m²/s. En el modo de realización representado hay cinco secciones de reposo 26, en las que el soporte se encuentra en la sombra. Ventajosamente, el soporte circula desde el fondo del depósito 12 hacia la superficie superior 16 por las diferentes secciones de reposo 26 antes de recorrer la sección de exposición 24.

Se prefiere que la velocidad de circulación del soporte esté comprendida entre 1 cm/s y 1 m/s. De manera ventajosa la velocidad ha de ser adaptada a la luz solar directa recibida por la sección 24 de modo que la dosis de iluminación

recibida por la biopelícula durante cada paso por una sección de exposición 24 no sea mayor que 60 milimoles de fotones/m². El tiempo de paso por la sección de exposición 24 es así menor que 10 minutos, estando comprendido generalmente entre 1 y 3 minutos.

5 La longitud de la sección de exposición 24 está comprendida entre 0,1 m y 1.000 m. Su longitud y su velocidad son tales que la duración de las fases de exposición de las microalgas a la luz solar directa, es decir, la duración de circulación de las microalgas en la sección de exposición 24, está comprendida, en función de la intensidad luminosa de la superficie, entre 5 s y 10 min.

10 En el ejemplo representado, la duración total de permanencia de las microalgas en zona de sombra al circular por las secciones de reposo 26 es aproximadamente cinco veces mayor que la duración total de exposición a la luz al circular por la sección 24.

De acuerdo con la invención se prefiere, de manera más general, que la duración total de las fases de permanencia en zona de sombra sea un cincuenta por ciento (50%) mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz.

15 En el caso particular de grandes intensidades luminosas solares, por encima de 1.000 micromoles/m²/s, es ventajoso que la duración total de las fases de permanencia en zona de sombra sea entre 2 y 10 veces mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz. Se prefiere que sea al menos 5 veces mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz.

Se prefiere también que la duración total de las fases de permanencia en zona de sombra sea al menos 10 veces mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz.

20 Se prefiere, por último, que el valor de la intensidad luminosa media recibida por una microalga que pase por fases de exposición y sombra sucesivas sea menor que un umbral, por ejemplo, 100 micromoles de fotones/m²/s, durante periodos de insolación de la instalación, es decir, durante el día. Este valor de media corresponde al valor medio recibido por una microalga a lo largo de un ciclo, en periodos de insolación de la instalación. Se entiende por «ciclo» el paso de una biopelícula tal como una microalga por el conjunto de las secciones de reposo 26 y por la sección de exposición 24, de manera que la biopelícula pase una sola vez por cada una de las secciones 24, 26 consideradas.

25 La instalación comprende también un rodillo 30 dispuesto encima de la superficie 16 del depósito. El soporte circula por este rodillo 30 después de aplicarse con un rodillo 32 previsto en el extremo final de la sección de exposición 24 que genera un cambio de ángulo. Un raspador desplazable 34 montado enfrente del rodillo 30 garantiza, durante fases de cosecha, el raspado del soporte y la separación de las microalgas de la superficie.

30 El raspador es dispuesto en posición a intervalos de tiempo que permitan conservar aproximadamente un valor medio predefinido de grosor de la biopelícula para que el régimen de respiración de la capa de la biopelícula en contacto con el soporte sea sensiblemente igual al régimen de fijación de carbono inorgánico por fotosíntesis de dicha capa de contacto, de modo que la cantidad de carbono fijado en la capa de contacto de la biopelícula esté comprendida entre la mitad y el doble de la cantidad de carbono perdido como consecuencia de la respiración de los microorganismos de la biopelícula. Idealmente, la cosecha se hace entre una vez al día y una vez por semana, con el fin de mantener el
35 grosor de la biopelícula en torno a este valor.

La instalación comprende también un pulverizador 36 de elementos nutritivos que constituyen fuentes de nitrógeno, fósforo, vitaminas y micronutrientes, en la sección de vuelta del soporte 14 al depósito 12.

El tiempo transcurrido fuera del medio de cultivo permite extraer el oxígeno acumulado en la biopelícula o en su proximidad, y enriquecer la biopelícula en dióxido de carbono.

40 La instalación descrita en esta memoria y el procedimiento de producción de microalgas que pone en práctica, permiten evitar un calentamiento en exceso de la biopelícula y conseguir una gran eficacia fotosintética, porque al estar expuestas directamente a la radiación solar solo durante un intervalo de tiempo moderado, las microalgas no son susceptibles de fotoinhibición.

45 Alternativamente, la instalación puede comprender medios de ajuste de la razón entre el tiempo total de exposición y el tiempo total de permanencia a la sombra de la biopelícula, en particular, en función de la intensidad luminosa del sol. A modo de ejemplo, estos medios pueden comprender medios de desplazamiento, paralelamente a la superficie 16, de un rodillo de extremo 20 de la sección de exposición 24. El desplazamiento del rodillo permite alargar o contraer la sección de exposición, y, en consecuencia, aumentar o reducir la razón antedicha.

50 Para garantizar la tensión del soporte, otro rodillo de extremo de una sección de reposo 26 puede ser desplazado con el fin de adaptar de manera correspondiente la longitud de la sección de vuelta.

Alternativamente también, la instalación puede comprender medios de regulación de la velocidad de circulación del soporte para aumentar o reducir el tiempo de exposición.

De acuerdo con un modo particular de realización, el depósito comprende medios de ajuste de la altura de agua en el depósito para mantener la temperatura en un margen de valores predeterminados.

- La variante de realización que muestra la figura 2 comprende, además de los elementos previstos en la figura 1, una campana 38 de inyección de dióxido de carbono. La campana 38 cubre de manera hermética la sección del soporte que emerge de la superficie 16 del depósito. Esta campana se abre en el depósito, por debajo de la superficie 16, delimitando así un espacio confinado cuya atmósfera es más rica en dióxido de carbono que el aire. El interior de la campana 38 está conectado con una fuente 40 de inyección de dióxido de carbono que garantiza su atmósfera rica en dióxido de carbono. Se prefiere que el contenido de dióxido de carbono en la campana sea mayor que 3% en volumen.
- 5
- Durante la circulación del soporte por el interior de la campana 38 las microalgas que lleve el soporte están en contacto con el dióxido de carbono, lo que permite su captura por efecto de la radiación solar a la que han estado expuestas previamente.
- 10
- En los modos de realización que siguen, una sección de cosecha no representada tal como la descrita en relación con la figura 1 es utilizada. Ventajosamente, el rodillo 30 está montado de manera movable y es mantenido debajo del nivel de la superficie 16 en el medio acuoso fuera de las fases de cosecha, siendo hecho emerger solo durante fases de cosecha.
- 15
- En el modo de realización de la figura 3, el depósito 12 contiene varios soportes 50 en curva cerrada dispuestos paralelamente entre sí. Estos soportes 50 independientes están doblados solamente en torno a dos rodillos de vuelta, dispuestos uno encima de otro. Uno de los rodillos está provisto de un motor de accionamiento del soporte. Un rodillo de vuelta superior 52 está dispuesto inmediatamente debajo de la superficie 16 y un rodillo de vuelta inferior 54 está dispuesto, alineado verticalmente con el rodillo 52, a mayor profundidad.
- 20
- La banda que forma el soporte circula esencialmente en dirección vertical entre los dos rodillos, formando un ramal descendente 56 y un ramal ascendente 58. En este modo de realización, las microalgas que lleva la superficie expuesta del soporte son sometidas a fases de exposición a la luz solar en una sección de exposición 60 solo en el semiperímetro superior del rodillo superior 52 durante la vuelta del soporte. En las secciones descendentes 56 y ascendentes 58 y durante la vuelta alrededor del rodillo inferior 54 el soporte es mantenido en la sombra, y esta exposición eventual a la luz solar da lugar a una intensidad luminosa débil por efecto de la incidencia de la radiación solar en el soporte y la mayor profundidad a la que se encuentra el soporte.
- 25
- En la variante de realización que muestra la figura 4, hay dispuesto un único soporte entre dos series de rodillos superiores 62 e inferiores 64 a fin de formar secciones ascendentes 66 y descendentes 68 sucesivas. Como en el modo de realización de la figura 1, el soporte recorre un trayecto en bustrófedon pero con secciones de circulación rectilíneas verticales, completado por un trayecto de vuelta 70 previsto entre dos rodillos extremos inferiores 72. El trayecto de vuelta 72 se efectúa así por debajo de los rodillos inferiores 64.
- 30
- En esta variante de realización el eje de los rodillos 62 se extiende sensiblemente en el plano de la superficie 16 del depósito de modo que la mitad superior de los rodillos 62 esté situada fuera del medio acuoso sometida directamente a la radiación solar, mientras que la mitad inferior de los rodillos 62 se mantiene en el medio líquido. Como antes, la banda es sometida a la exposición a la luz solar solo en la mitad superior de los rodillos 62, que constituye la sección de exposición 74, circulando la banda durante el resto de su trayecto en la sombra.
- 35
- En el modo de realización de la figura 5, cada banda es guiada por tres rodillos 80 que delimitan secciones de circulación que se extienden en los tres lados de un triángulo equilátero. El lado del triángulo que define la sección de exposición 82 se extiende paralelamente a la superficie 16 del depósito, y los otros dos lados forman secciones de reposo ascendentes 86 y descendentes 88 que se extienden debajo de la sección de exposición 82, en la sombra de esta.
- 40
- En este modo de realización el tiempo total de circulación en zona de sombra es el doble de la duración total de exposición.
- 45
- En la variante de realización de la figura 6 los rodillos inferiores son reemplazados por rodillos que permiten la circulación de una misma banda sucesivamente en las diferentes secciones expuestas 82 después de circular en las dos secciones descendente 88 y ascendente 86, estando conectadas estas dos secciones por una sección de conexión inferior 90, dispuesta también en la sombra. Una sección de vuelta prevista debajo de la superficie y no representada permite la vuelta de la banda de un extremo a otro del depósito.
- 50
- En este modo de realización el tiempo total de circulación en zona de sombra es mayor que el triple de la duración total de exposición.
- 55
- En cada uno de los modos de realización descritos en lo que antecede el crecimiento de las microalgas tiene lugar principalmente en una única cara del soporte. Alternativamente, y esto es aplicable a todos los modos de realización, el soporte, que comprende una biopelícula en sus dos caras, puede estar formado por una banda de Möbius 96, de modo que el soporte en curva cerrada comprenda una única cara como consecuencia de la vuelta de la banda sobre su eje de circulación en una sección 98, como muestra la figura 7. De esta manera el crecimiento de las microalgas tiene lugar en toda la superficie del soporte, presentándose el soporte con una orientación diferente durante cada paso por la sección o secciones de exposición. Ventajosamente, la sección de vuelta de la banda es una sección de reposo,

lo que permite una exposición completa del soporte en la sección o secciones de exposición.

La instalación de cada uno de los modos de realización precedentes puede comprender, alternativamente, medios para inyectar nutrientes y/o dióxido de carbono en el medio acuoso que permitan enriquecer el medio en tales nutrientes y/o dióxido de carbono durante la circulación del soporte y el crecimiento de la biopelícula.

- 5 De manera alternativa, además de un mecanismo de fotosíntesis para el crecimiento de la biopelícula la invención puede emplear también un mecanismo de consumo del carbono orgánico, en particular de los azúcares y ácidos orgánicos existentes en el medio acuoso. El procedimiento, pues, puede poner en práctica la mixotrofia.

Alternativamente, y cualquiera que sea el modo de realización, el depósito puede cubrirse mediante un invernadero transparente que permita la circulación de aire y evite la contaminación del medio acuoso.

- 10 La figura 8 muestra un ejemplo de rodillo 100 de vuelta del soporte circulante 14 en forma de banda. Con el fin de reducir la superficie de contacto entre la biopelícula y el rodillo 100, la superficie exterior del rodillo comprende un perfil exterior con salientes y entrantes, por ejemplo, un perfil en hélice 102 de contacto mediante bordes que se extienda en toda la superficie generalmente cilíndrica del rodillo. Alternativamente, la superficie puede estar provista de gargantas yuxtapuestas paralelas una a otra, dispuesta cada garganta transversalmente al eje del rodillo.

- 15 Mediante un perfil de esta clase, la biopelícula solo se pone en contacto con la superficie exterior del rodillo 100 mediante líneas de contacto puntuales 104, reduciendo así el deterioro eventual de la biopelícula causado por el rodillo.

- 20 En el modo de realización alternativo que muestra la figura 9, el rodillo 110 presenta una superficie exterior cóncava 112 de tal manera que el diámetro del rodillo aumenta progresivamente desde su parte central en dirección a sus extremos opuestos. El soporte 14 en forma de banda comprende, a uno y otro lado en toda su longitud, talones longitudinales 114 recibidos en gargantas anulares 116 previstas en los dos extremos del rodillo 110. En estas condiciones la parte central de la banda 114 se mantiene tensa entre los dos talones 116 retenidos en las gargantas 114.

- 25 Por efecto de la forma cóncava de la superficie lateral del rodillo 110 la parte principal del soporte 14 se mantiene separada de la superficie del rodillo, evitándose así el riesgo de deterioro de la biopelícula formada en la superficie del soporte enfrente del rodillo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de microalgas en un soporte (14) montado de manera movible esencialmente en un medio acuoso contenido en un depósito (12) que comprende:
 - 5 - una sucesión de fases de exposición a la luz solar de las microalgas que se desarrollan en el soporte (14) y de fases de permanencia en la sombra, siendo la intensidad luminosa recibida en la sombra menor que el 50% de la intensidad luminosa media recibida durante las fases de exposición a la luz solar, caracterizado por que la duración total de las fases de permanencia en la sombra es un 50% mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz solar.
- 10 2. Procedimiento de producción de microalgas según la reivindicación 1, caracterizado por que la duración total de las fases de permanencia en la sombra es entre 2 y 10 veces mayor que la duración total de las fases de exposición a la luz.
3. Procedimiento de producción de microalgas según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la duración de cada fase de exposición a la luz está comprendida entre 5 segundos y 10 minutos.
- 15 4. Procedimiento de producción de microalgas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el soporte (14) circula en curva cerrada entre rodillos, estando comprendida la velocidad del soporte (14) entre 1 cm/s y 1 m/s.
5. Procedimiento de producción de microalgas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la dosis total de iluminación de las microalgas durante cada fase de exposición está comprendida entre 1 y 60 milimoles de fotones/m².
- 20 6. Procedimiento de producción de microalgas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las microalgas forman parte de una o varias especies comprendidas en el grupo que consiste en *Botryococcus sp.*, *Porphyridium sp.*, *Cylindrotheca sp.*, *Navicula sp.*, *Haslea sp.* y *Chlorella sp.*
7. Procedimiento de producción de microalgas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las microalgas son mantenidas al menos un 90% del tiempo en el medio acuoso.
- 25 8. Instalación de producción de microalgas que comprende:
 - un depósito (12);
 - un soporte (14) montado de manera movible en un medio acuoso contenido en el depósito (12), y
 - medios de accionamiento y guía del soporte (14) sucesivamente en secciones de exposición (24; 60; 74) a la luz solar de las microalgas en el soporte (14) y en secciones de reposo (26) en la sombra, siendo la disposición de tal manera que la intensidad luminosa recibida durante desplazamientos en las secciones de reposo en la sombra sea menor que el 50% de la intensidad luminosa media recibida durante desplazamientos en las secciones de exposición a la luz solar, caracterizada por que los medios de accionamiento y guía del soporte (14) se adaptan de modo que la duración total de los desplazamientos en las secciones de reposo en la sombra sea un 50% mayor que la duración total de los desplazamientos en las secciones de exposición (24; 60; 74) a la luz solar.
- 30 9.- Instalación de producción de microalgas según la reivindicación 8, caracterizada por que el soporte (14) está doblado en curva cerrada y porque el soporte (14) es guiado en secciones (24, 26) superpuestas, formando la sección superior una sección de exposición (24) dispuesta encima de las demás secciones, que forman secciones de reposo (26) situadas en la sombra de la sección de exposición (24).
- 40 10. Instalación de producción de microalgas según la reivindicación 8, caracterizada por que el soporte (14) está doblado en curva cerrada y porque comprende medios de guía del soporte en secciones verticales ascendentes y descendentes en dirección sensiblemente perpendicular a la superficie (16) del medio acuoso contenido en los depósitos dispuestos en la sombra.
11. Instalación de producción de microalgas según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizada por que el soporte es una banda de Möbius (96).

45

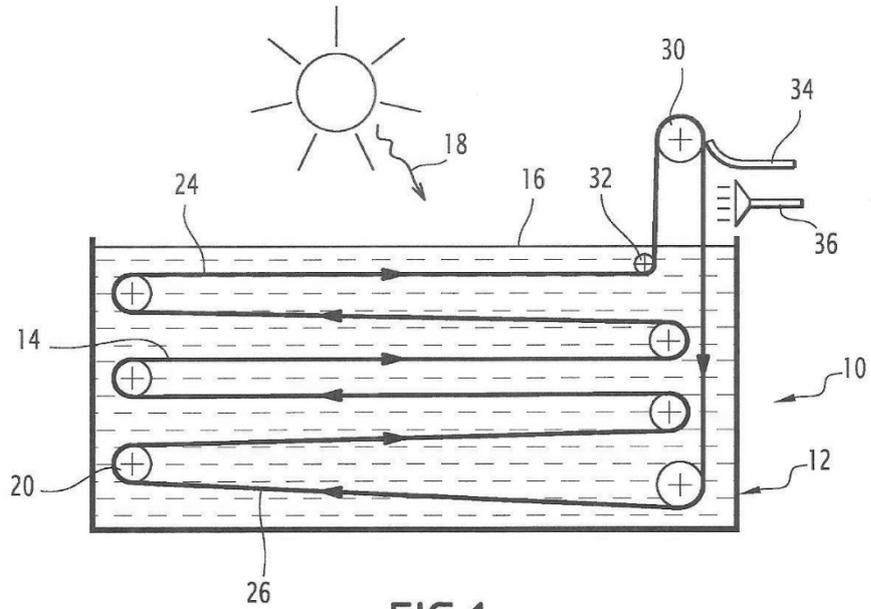


FIG.1

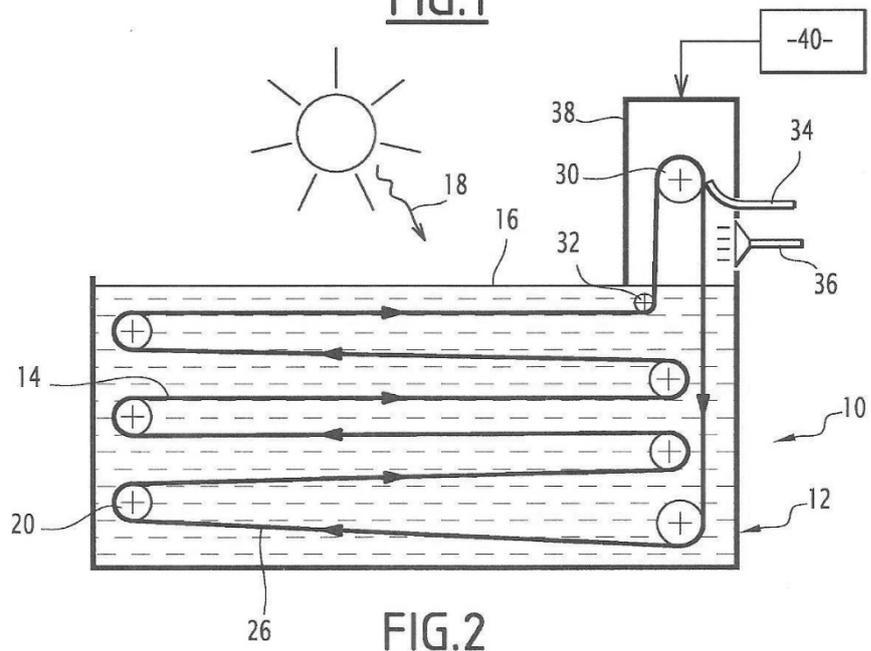


FIG.2

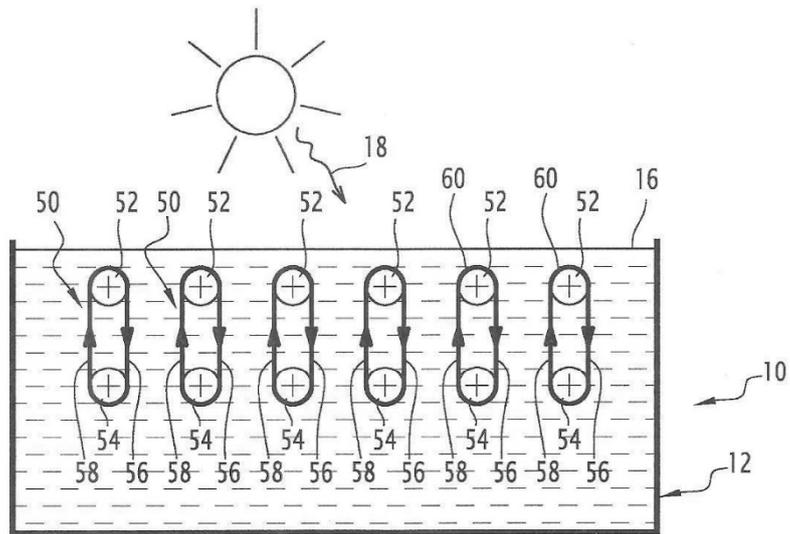


FIG. 3

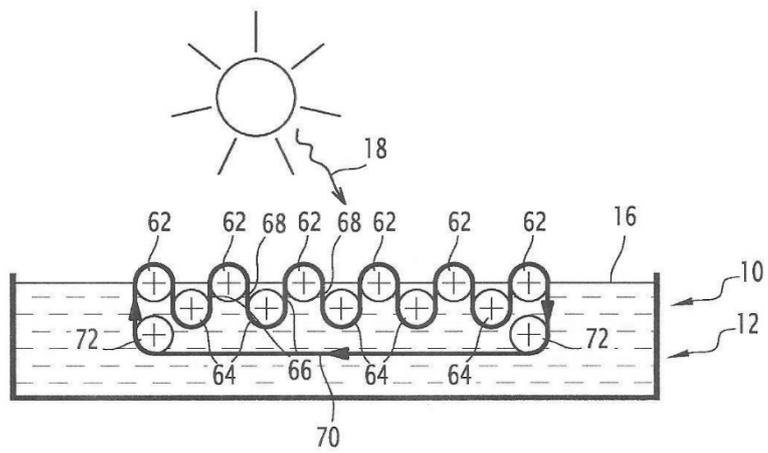


FIG. 4

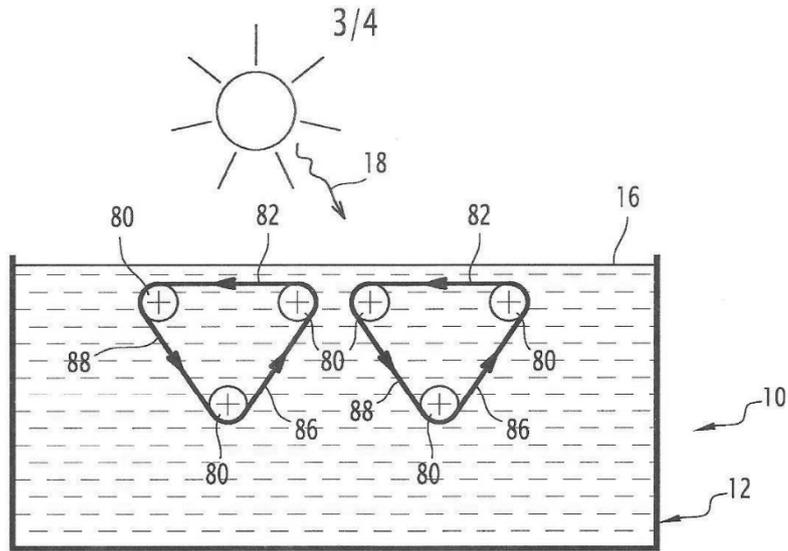


FIG. 5

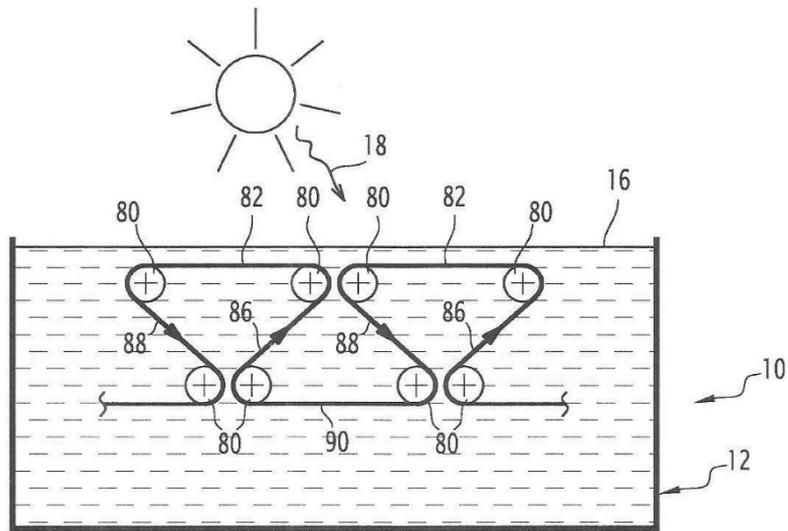


FIG. 6

