

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 260**

51 Int. Cl.:

C02F 3/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2007 PCT/AU2007/000978**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2008 WO08006172**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2007 E 07784644 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2043427**

54 Título: **Sistema acuapónico**

30 Prioridad:

13.07.2006 AU 2006903780

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

10.12.2018

73 Titular/es:

**URBAN ECOLOGICAL SYSTEMS LTD (100.0%)
87 Cecil Street
Nimbin, NSW 2480, AU**

72 Inventor/es:

**BODLOVICH, ANDREW y
GLEESON, KEVIN**

74 Agente/Representante:

CAMPELLO ESTEBARANZ, Reyes

ES 2 693 260 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

Sistema acuapónico

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un sistema acuapónico. Esta invención tiene una aplicación particular en sistemas de cultivo para la cría combinada de peces y el cultivo de hortalizas, y con fines ilustrativos, a continuación, se describirá la invención con referencia a esta solicitud. Sin embargo, se apreciará que esta invención puede ser útil en aplicaciones alternativas, tales como la cría de crustáceos u otras especies acuáticas y/o el crecimiento de cualquier otra planta adecuada.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La acuaponía implica la integración simbiótica del crecimiento de especies acuáticas con el crecimiento de plantas. El concepto general de un sistema acuapónico es que los productos de desecho de las especies acuáticas se utilizan como nutrientes para las especies de plantas. Al utilizar los residuos ricos en nutrientes de las especies acuáticas, las plantas limpian un poco el agua en circulación, lo que la hace adecuada para que las especies acuáticas sobrevivan.

15

Se está reconociendo cada vez más que los sistemas acuapónicos tienen potencial para resolver algunos de los muchos problemas que enfrentan los sistemas modernos de agricultura y acuicultura. Estos problemas incluyen:

20

A. El uso insostenible y creciente del agua en un mundo de recursos hídricos en disminución.

B. Que la tierra anteriormente adecuada para la agricultura se vuelve prohibitivamente cara o no está disponible debido a la urbanización y la expansión urbana.

25

C. Como consecuencia del punto B anterior, las "millas de alimentos" (distancia desde la producción de alimentos hasta el consumidor final), está aumentando rápidamente, dando como resultado una serie de problemas ecológicos y de salud humana, como la descomposición del reciclaje de nutrientes, el aumento del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero posteriores, la pérdida de frescura de los alimentos y la calidad nutricional, etc.

30

D. Residuos de efluentes y contaminantes químicos de los sistemas de producción de alimentos que causan daños ecológicos y problemas de salud humana.

35

E. La pérdida de suelo fértil.

F. La pérdida neta de proteínas en la acuicultura convencional y sistemas acuapónicos en los que se utilizan fuentes de proteínas capturadas en el océano como alimento para la acuicultura.

40

Aunque los sistemas acuapónicos tienen cierto potencial para resolver estos problemas, los sistemas acuapónicos del estado de la técnica anterior han tenido un éxito limitado en la realización de este potencial. El documento de patente número DD240327 describe un sistema acuapónico que comprende elementos de plantas, animales acuáticos y una unidad de digestión. Por consiguiente, sería ventajoso si se pudiera diseñar un sistema acuapónico que pudiera abordar, al menos parcialmente, los problemas anteriores o proporcionar al público una opción útil o comercial.

45

RESUMEN DE LA INVENCION

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema acuapónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 que incluye:

50

un tanque para albergar al menos una especie de animal acuático;

un aparato de cultivo de plantas para albergar una o más especies de plantas que crecen en un ambiente acuoso; y

un módulo de biofiltro para recibir un flujo de desechos que comprende residuos sólidos y agua del tanque, comprendiendo el módulo de biofiltro:

- un medio de eliminación de sólidos configurado para separar el flujo de residuos en:

5 una corriente disuelta que incluye el agua y partículas más pequeñas que son partículas disueltas o no disueltas;

una corriente de sólidos que incluye partículas sólidas, y

- una unidad de digestión de desechos biológicos, configurada para digerir partículas sólidas de la corriente sólida de los medios de eliminación de sólidos, para producir nutrientes vegetales para las especies vegetales del aparato de cultivo de plantas,

10 un medio para transferir los nutrientes vegetales producidos desde la unidad de digestión de desechos biológicos a los medios de cultivo de la planta,

en donde la unidad de digestión de desechos biológicos es una unidad de gusano,

y, además, en donde la unidad de gusano comprende una pluralidad de bandejas de gusanos que contienen material de compost y gusanos,

15 Dichas bandejas de lombrices se configuran:

- para rotar de manera que cualquiera o todos ellos reciban activamente la entrada de la corriente de sólidos, o

- para abrirse y cerrarse con un medio de control, de forma tal que la corriente de sólidos se entregue a las diversas bandejas que están en una posición de recepción.

20 Se describe un sistema de acuaponía que incluye:

un tanque para albergar al menos una especie de animal acuático;

un aparato de cultivo de plantas para albergar una o más especies de plantas que crecen en un ambiente acuoso;

y un módulo de biofiltro para recibir un flujo de desechos, que incluye desechos y agua de cada tanque y el aparato de cultivo de plantas, incluyendo dicho módulo de biofiltro:

25 un medio de eliminación de sólidos grande; y

una unidad de digestión de desechos biológicos para digerir sólidos para producir nutrientes vegetales;

en donde dicha unidad de digestión de desechos biológicos incluye una especie biológica que digiere al menos parcialmente desechos de dichas especies acuáticas a nutrientes vegetales;

por lo que, en uso, dichos nutrientes vegetales se transfieren al aparato de cultivo de plantas y al menos una porción

30 del agua se devuelve al tanque.

Opcionalmente, el sistema también puede incluir un medio de nitrificación para tratar el agua.

Los medios de nitrificación pueden incluir cualquier entidad nitrificante capaz de nitrificar amoníaco, por ejemplo,

35 puede incluir un producto químico apropiado, un filtro de zeolita o cualquier microorganismo nitrificante. En una forma de realización preferida, los medios de nitrificación pueden incluir una o más especies de bacterias nitrificantes, por ejemplo, nitrosomas y nitrobacter. Preferiblemente, los medios de nitrificación también pueden

incluir un medio de alta área de superficie, por ejemplo, bio-bolas. Los medios de nitrificación pueden incluir un tanque para alojar dicha entidad de nitrificación, en el que dicho tanque está separado del aparato de cultivo de

40 plantas.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método acuapónico de acuerdo con la reivindicación 14 o 15 para la cría simbiótica de una o más especies acuáticas y una o más especies de plantas incluyendo:

45 a) proporcionar un sistema acuapónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-13,

b) transferir residuos sólidos de dicho tanque a dicho módulo de biofiltro; y

c) transferir dichos nutrientes vegetales desde dicho módulo de biofiltro a dicho aparato de cultivo de plantas.

Se describe un método acuapónico para la cría simbiótica de una o más especies acuáticas y una o más especies

50 de plantas. Preferiblemente el método incluye:

a) proporcionar

i) un tanque para albergar al menos una especie de animal acuático;

ii) un aparato de cultivo de plantas para albergar una o más especies de plantas que crecen en un ambiente acuoso;

55 y

iii) un módulo de biofiltro para recibir un flujo de desechos, que incluye desechos y agua de cada tanque y del aparato de cultivo de plantas, incluido el módulo de biofiltros;

un medio de eliminación de sólidos grande; y

una unidad de digestión de desechos biológicos para digerir sólidos para producir nutrientes vegetales;

en donde dicha unidad de digestión de desechos biológicos incluye una especie biológica que digiere al menos parcialmente desechos de dichas especies acuáticas a nutrientes vegetales;

- b) alojar dichas especies de animales acuáticos en dicho tanque y alojar dichas especies de plantas en dicho aparato de cultivo de plantas;
- c) transferir agua y residuos de dicho tanque a dicho módulo de biofiltro;
- d) transferir nutrientes vegetales y una porción del agua que sale de dicho módulo de biofiltro a dicho aparato de cultivo de plantas; y
- e) devolver al menos una porción de dicha agua al tanque.

El diseño de estos aspectos de la invención puede permitir la provisión de al menos un sistema acuapónico de circuito parcialmente cerrado. En una forma de realización preferida, la invención proporciona un sistema de circuito cerrado. Un sistema acuapónico de circuito cerrado es aquel en el que la totalidad de los desechos producidos por las especies biológicas en el sistema, se reciclan a través del sistema con muy poca o ninguna expulsión de desechos (incluyendo excrementos de especies acuáticas y materia vegetal). Un sistema acuapónico de circuito parcialmente cerrado es aquel en el que la expulsión de desechos es mínima, siendo la mayoría de los desechos reciclados a través del sistema.

Los inventores han descubierto, de manera sorprendente e inesperada, que el uso de una unidad de digestión de desechos biológicos independiente del aparato de cultivo de plantas permite que tanto el agua como los desechos degradados se reciclen dentro del sistema sin la necesidad de expulsar continuamente el agua y el efluente del sistema después de haber pasado a través de los componentes del sistema, al tiempo que requiere medios reducidos o incluso nulos. Obviamente, esto es ventajoso desde el punto de vista de la conservación y puede facilitar el uso potencial del sistema acuapónico en entornos donde normalmente no son adecuados, por ejemplo, en entornos urbanos. Además, el uso de un sistema acuapónico en el que se requiera una entrada mínima de agua, por ejemplo, en el que solo la cantidad de agua que se necesita para reemplazar la evaporación del sistema debe agregarse al sistema, obviamente es ventajoso en tiempos de escasez de agua. Además, el sistema puede ser más productivo porque se retienen niveles más altos de nutrientes dentro del sistema que pueden usarse para aumentar el crecimiento de las plantas. Es posible que se requiera una entrada regular de alimentos para las especies acuáticas y, de manera similar, una limpieza ocasional (incluida la expulsión) y la reposición de otras entradas, como el agua. Se contemplan formas de realización donde la fuente primaria de alimento para las especies acuáticas también se integra en el sistema.

El tanque que contiene las especies acuáticas puede tener cualquier forma apropiada. En una forma de realización preferida, el tanque puede diseñarse para permitir un flujo circular unidireccional reversible en todo el tanque, por ejemplo, el tanque puede incluir un deflector a través del tanque. Además, el tanque puede incluir chorros de aire o agua para impulsar el agua en una dirección concreta.

Las especies acuáticas pueden ser cualquier especie apropiada, por ejemplo, cualquier especie de pez, crustáceos, mariscos o moluscos. En una forma de realización preferida, las especies acuáticas son peces.

Los medios de eliminación de sólidos pueden ser cualquier medio apropiado para separar las partículas de materia del agua o partículas de un tamaño mínimo predeterminado (típicamente partículas grandes, como partículas de 50 micrones o más) de partículas más pequeñas y el agua (esta última se denomina como medios de eliminación de sólidos de gran tamaño).

En una forma de realización preferida, los medios de eliminación de sólidos incluyen un filtro, tal como un filtro de tambor. El filtro puede tener el tamaño apropiado dependiendo de las especies acuáticas alojadas en dicho tanque. En una forma de realización preferida, el filtro permite el suministro de la corriente de sólidos a la unidad de digestión de residuos biológicos con un contenido mínimo de agua.

En otra forma de realización, los medios de eliminación de sólidos incluyen un separador de remolino, que es una cámara cónica que sedimenta pasivamente los sólidos más pesados de la corriente de desechos. El desbordamiento al separador de remolinos puede, por ejemplo, dirigirse a otro medio de eliminación de sólidos, como un filtro, como se describe anteriormente, para la eliminación de materia sólida que no ha sido capturada por el separador de remolinos.

También es posible que los medios de eliminación de sólidos incluyan más de un sistema para la separación/eliminación de sólidos (o expresados alternativamente, el sistema puede comprender más de un medio de eliminación de sólidos). Por ejemplo, los medios de extracción de sólidos pueden incluir un separador de remolinos y un filtro, como un filtro de tambor. En una forma de realización particular, los diferentes sistemas se suministran en paralelo desde el tanque, por ej. un separador de remolino se suministra con un flujo de desechos desde la parte inferior, o una parte inferior, o el tanque, típicamente alimentado por gravedad. Un filtro se suministra con un flujo de residuos de un tubo vertical, o similar, en la superficie del agua en el tanque.

10 El sistema también puede comprender un fraccionador de espuma o una "espumadera de proteínas" conectado a la salida de un medio de nitrificación (descrito más detalladamente a continuación). El agua al salir de los medios de nitrificación se puede pasar a través de un fraccionador de espuma o "espumadera de proteínas" mediante la cual las partículas finas suspendidas y las proteínas disueltas se eliminan del agua como espuma de superficie. Esta corriente de desechos en forma de espuma es entonces suministrada a la unidad de digestión de desechos biológicos.

Los residuos sólidos, tales como un rico lodo, recogidos por uno o más componentes de los medios de eliminación de sólidos, se transfieren a una unidad de digestión de residuos biológicos. En el caso de los filtros, como los filtros de tambor, los residuos sólidos recolectados se lavan a menudo periódicamente con agua en el sistema, por ejemplo, utilizando el agua suministrada en la malla del filtro o en la malla mediante chorros a presión. En el caso de un separador de turbulencia, los desechos sólidos pueden transferirse abriendo una válvula en la base del separador para drenar el separador, permitiendo que los sólidos caigan en la unidad de digestión de desechos biológicos por gravedad y/o con la ayuda de algún sistema agua.

25 Otros medios de eliminación de sólidos adecuados y métodos para transferir los sólidos recogidos a la unidad de digestión de residuos biológicos serán evidentes para un experto en la materia.

La especie biológica en la unidad de digestión de residuos biológicos es una especie de gusano. La unidad de digestión de residuos biológicos es una unidad de gusano. Otras especies biológicas adecuadas incluyen larvas de insectos, como se describe con más detalle a continuación.

El papel de las especies biológicas en la unidad de digestión de desechos biológicos, como los gusanos de compost, en términos simplistas, es convertir los desechos sólidos del tanque de peces en una forma más adecuada (por ejemplo, piezas de gusanos) para su reintroducción en el sistema. Los piensos y heces de pescado no consumidos, si no se procesan a fondo, son una fuente potencial de enfermedad. Sin embargo, una vez que pasan por el intestino del gusano, las piezas fundidas se pueden reintroducir de manera segura como un alimento líquido para plantas que también es compatible con una colonia de microorganismos que realizan otras funciones importantes, como el amortiguamiento, el ciclo de nutrientes y la represión de enfermedades.

40 El aparato para el cultivo de plantas puede ser cualquier aparato adecuado que permita el crecimiento de plantas en un ambiente acuático. Por ejemplo, el aparato puede contener tubos huecos a través de los cuales pueden pasar el agua y los nutrientes que salen del módulo de biofiltro, con una abertura superior para la entrada de las raíces de las plantas. El aparato de cultivo de plantas puede ser un aparato apilado que incluye múltiples capas de comederos de plantas. Por ejemplo, el aparato puede tomar la forma de un marco de nivel A o una estructura tipo en escalera.

45 Como el agua que sale del aparato de cultivo de plantas generalmente incluirá algo de materia sólida que incluye restos de plantas y medios de crecimiento (si se usa), esta agua generalmente se pasa, o se transfiere, a un filtro para separar la materia sólida del agua antes de que el agua se dirija al tanque. En una forma de realización preferida, el agua que sale del aparato de cultivo de plantas se dirige de nuevo a los medios de eliminación de sólidos, tal como a un componente de filtro/filtro de tambor de los medios de eliminación de sólidos.

El aparato puede incluir opcionalmente un módulo de producción de larvas de insectos. Dicho módulo incluiría un contenedor sellable reversiblemente para albergar desechos orgánicos y una especie de insecto adecuada, un tubo de salida de larvas de insectos para dirigir las larvas desde dicho contenedor y, opcionalmente, un medio de recolección de larvas de insectos.

El tamaño de los componentes del sistema actual será generalmente co-dependiente, es decir, el tamaño del tanque afectará al número de organismos acuáticos que se pueden mantener, lo que, a su vez, afectará a la cantidad de nutrientes producidos a través del medio biológico de la unidad de digestión de residuos, que, a su vez, afectará a la

cantidad de plantas que pueden crecer. En una forma de realización preferida, el aparato para el cultivo de plantas puede ser capaz de cultivar suficientes plantas por metro cuadrado como para absorber los nutrientes disponibles de las especies acuáticas mantenidas en el tanque, en la misma superficie que el tanque y la unidad de digestión de residuos biológicos combinados. Por ejemplo, un tanque de 10,000 litros y su unidad asociada de digestión de 5 desechos biológicos puede requerir un área de superficie de aproximadamente 12 metros cuadrados. Una especie acuática apropiada en un tanque de este tamaño en condiciones óptimas generalmente producirá suficientes nutrientes como para permitir el crecimiento de aproximadamente 2,500 plantas apropiadas, por ejemplo, plantas de lechuga. Por tanto, preferiblemente, el aparato de cultivo de plantas en este escenario proporcionaría 2.500 espacios de plantas en un área de superficie de 12 metros cuadrados, de manera que las dos funciones (producción de peces 10 y producción de plantas) podrían superponerse en la misma huella y, por tanto, aumentar significativamente la producción del sistema por metro cuadrado.

En una forma de realización, el sistema actual está diseñado para ser utilizado en entornos de agricultura urbana donde el espacio es superior. Para facilitar dicha forma de realización, el sistema actual tiene la ventaja de poder 15 escalarse de manera apropiada según los requisitos. Por ejemplo, en un entorno urbano, los componentes del sistema se apilarían cuando sea apropiado, por ejemplo, el aparato de cultivo de plantas puede ser un aparato de crecimiento vertical adecuado y la unidad de digestión de desechos biológicos puede estar orientada verticalmente. Además, los componentes individuales del sistema pueden apilarse verticalmente en un orden apropiado, por ejemplo, un aparato de cultivo de plantas por encima de la unidad de digestión de desechos biológicos, por encima 20 del tanque. Otras funciones que no requieren luz solar también se pueden apilar verticalmente debajo del sistema, por ejemplo, el módulo de producción de larvas de insectos, la producción de hongos o la producción de compost también se pueden apilar debajo del sistema de producción de vegetales.

En formas de realización en las que el sistema puede apilarse verticalmente, el sistema tiene un uso potencial en 25 una serie de configuraciones en las que no sería adecuado previamente para el establecimiento de un sistema acuapónico. Por ejemplo, el apilamiento puede permitir el uso del sistema en entornos urbanos y áreas densamente pobladas donde el espacio horizontal está restringido. Además, la naturaleza parcialmente cerrada del sistema, como se describió anteriormente, también puede facilitar su uso en tales entornos, ya que no hay ningún problema con la eliminación de los residuos o del agua.

30 Existen algunos sistemas acuapónicos de circuito cerrado o parcialmente cerrado, sin embargo, tales sistemas albergan cualquier componente de conversión de residuos dentro de los medios que se encuentran en los lechos de las plantas. Estos lechos contienen gusanos y otros organismos que convierten los desechos sólidos en "alimento de plantas", que luego son recogidos por las plantas que crecen en los lechos de grava. En tales sistemas, toda el agua 35 y los desechos sólidos se pasan a través de los lechos de los medios de la planta.

Tales sistemas tienen limitaciones que la presente invención pretende abordar. La limpieza y el mantenimiento del sistema son difíciles ya que los medios de la planta deben retirarse y reemplazarse en los lechos de la planta regularmente a medida que se acumulan los desechos. Esto es bastante tedioso y laborioso. Además, los residuos 40 crudos del tanque se mantienen en los medios a través de los cuales pasa todo el flujo de agua continuamente. El sistema de la presente invención está diseñado para que los desechos sólidos se aislen rápidamente de manera que solo un pequeño porcentaje de agua pase a través de los desechos no tratados. El sistema actual puede así mantener una densidad de población de peces mucho más alta sin temor a problemas biológicos o el colapso. En consecuencia, la mayor densidad de peces da como resultado, nutrientes más concentrados dentro del sistema y un 45 mayor potencial para el crecimiento de la planta. Además, el uso de medios vegetales, como la grava, en los lechos de plantas, agrega mucho peso al sistema, lo que dificulta su modificación si ya está establecido y también lo hace inadecuado para el apilamiento vertical.

En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones, el término "que comprende" se entenderá que tiene un 50 significado amplio, similar al término "incluyendo", y se entenderá que implica la inclusión de un entero o paso especificado o grupo de enteros o pasos, pero no la exclusión de ningún otro entero o paso o grupo de enteros o pasos. Esta definición también se aplica a las variaciones en el término "que comprende" tales como "comprende" y "comprenden".

55 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá ahora por medio de la siguiente descripción que hace referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 representa una forma de realización de un sistema acuapónico de acuerdo con la presente invención;

Las Figuras 2 a 4 representan un tanque y componentes asociados adecuados para su uso en un sistema acuapónico de acuerdo con la presente invención;

5

La Figura 5 representa una unidad de digestión de desechos biológicos adecuada para uso en un sistema acuapónico de acuerdo con la presente invención;

La Figura 6 representa una transferencia adecuada de corrientes, al aparato de cultivo de plantas de acuerdo con la presente invención;

10

La Figura 7 representa la interacción de componentes del sistema preferida de acuerdo con la presente invención; y

La Figura 8 muestra un módulo de producción de larvas de insectos adecuado para su uso en un sistema acuapónico de acuerdo con la presente invención.

15

En la Figura 1 se representa un sistema de acuaponía de acuerdo con la presente invención. El tanque (10) está diseñado para albergar y mantener cualquier clase acuática adecuada, incluyendo (pero no limitado a) peces y/o crustáceos. El agua y los desechos (incluidos los residuos de alimentos y los efluentes) se eliminan regularmente del tanque (10) de forma activa (por ejemplo, mediante bombas) o pasivamente (por ejemplo, por gravedad), o una combinación de ambos, y se envían a un medio de eliminación de sólidos de gran tamaño (12) (Flecha A). Las líneas de puntos y rayas en la Figura 1 denotan el movimiento tanto del agua como de los sólidos.

20

Al entrar en el medio de eliminación de sólidos grandes (12), las partículas grandes se separan del agua y las partículas más pequeñas (incluidas las partículas disueltas y no disueltas). En este punto hay dos corrientes distintas, la corriente disuelta que incluye el agua y las partículas más pequeñas que pasan a través del filtro y la corriente de sólidos, incluidas las partículas sólidas retenidas por el filtro. La secuencia disuelta se representa en la Figura 1 mediante flechas discontinuas. La corriente de sólidos está representada por flechas sólidas.

25

La corriente de sólidos se dirige (Flecha B) a la unidad de digestión de residuos biológicos (14), donde se digieren los sólidos que incluyen residuos de alimentos y efluentes. La corriente disuelta que sale de los medios de eliminación de sólidos grandes (12) se puede transferir directamente al aparato de cultivo de plantas (18), de vuelta al tanque (10) o, en una forma de realización preferida, se transfiere (Flecha C) a un medio de nitrificación (16).

30

Desde la nitrificación, una parte del agua se dirige (Flecha D) de vuelta al tanque (10), mientras que el resto se dirige (Flecha E) a la unidad de digestión de residuos biológicos (14) para garantizar que haya líquido adecuado para permitir que los nutrientes liberados por la digestión de la corriente de sólidos por las especies biológicas dentro de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) puedan ser expulsados a través de la unidad (14).

35

Los nutrientes liberados de la corriente de sólidos transportados en agua lanzada a través de la unidad de digestión de residuos biológicos (14), se transfieren (Flecha F) al aparato de cultivo de plantas (18). Si es necesario, se puede dirigir agua adicional (Flecha G) desde los medios de nitrificación (16), para ayudar en el flujo de nutrientes hacia y a través del aparato de cultivo de plantas (18). Esta agua adicional se puede agregar a los nutrientes y al agua que sale de la unidad de digestión de desechos biológicos antes de que ingrese al aparato de cultivo de plantas (18). El agua que sale del aparato de cultivo de plantas (18) generalmente incluirá algo de materia sólida, incluidos residuos de plantas y medios de crecimiento (si se usan) y, por lo tanto, se pasa a través de un filtro para separar la materia sólida del agua antes de que el agua liberada sea dirigida al tanque (10). En una forma de realización preferida, el agua que sale del aparato de cultivo de plantas (18) se dirige (Flecha H) de vuelta al medio grande de eliminación de sólidos (12), donde vuelve a entrar en el bucle descrito anteriormente.

40

45

En formas de realización en las que los medios de nitrificación (16) no están presentes, el agua que sale del aparato de cultivo de plantas (18) se dirige de nuevo al tanque (10), pasando preferiblemente a través de un filtro para separar los sólidos, incluidos los medios de crecimiento y los residuos vegetales. del agua y las partículas disueltas antes de que el agua se dirija al tanque.

50

El agua y los residuos del tanque (10) entran primero en los medios de eliminación de sólidos grandes (12). Los medios de eliminación de sólidos grandes pueden ser un filtro. Se puede usar cualquier filtro adecuado, incluido un filtro de tambor (por ejemplo, del tipo suministrado por Hydrotech, Suecia), o cualquier otro tipo de filtro de eliminación de sólidos. Las partículas sólidas más grandes que un tamaño específico (dependiente del filtro) se

55

recolectan dentro del filtro. Preferiblemente, el filtro se diseñará para recoger partículas sólidas de más de alrededor de 30 micrones, como más de aproximadamente 40 o 50 micrones. El agua restante y las partículas más pequeñas pasarán a través del filtro.

- 5 Opcionalmente, el agua y los desechos del tanque pueden pasar a través de más de un medio de eliminación de sólidos grandes. Por ejemplo, el agua y los residuos pueden pasar a través de una serie de filtros con tamaños de filtro decrecientes. Alternativamente, el agua y los desechos pueden pasar a través de un separador, por ej. un separador de remolino, antes de pasar a través de otro medio de separación de sólidos grandes, como los filtros descritos anteriormente. En una forma de realización particular, los diferentes medios de eliminación de sólidos se
10 suministran en paralelo desde el tanque, por ejemplo un separador de remolinos se suministra con un flujo de desechos desde la parte inferior, o una parte inferior, o el tanque, típicamente alimentado por gravedad. Un filtro se suministra con un flujo de residuos de un tubo vertical, o similar, en la superficie del agua en el tanque.

- 15 Como se describió anteriormente, después de pasar a través de los medios de eliminación de sólidos grandes (12), hay dos corrientes distintas, la corriente disuelta que incluye el agua y partículas más pequeñas que pasan a través del filtro y la corriente de sólidos que incluye las partículas sólidas retenidas por el filtro.

- La corriente disuelta generalmente incluirá niveles relativamente altos de amoníaco. El amoníaco es bastante tóxico para muchas especies acuáticas. Por lo tanto, el sistema actual incluye opcionalmente un medio de nitrificación (16)
20 que facilita la conversión de amoníaco a nitrito y posteriormente nitrato, ambos de los cuales son menos tóxicos. Los medios de nitrificación (16) pueden incluir cualquier medio adecuado de nitrificación de amoníaco. En una forma de realización particular, los medios de nitrificación (16) incluyen una cámara que proporciona un hábitat adecuado para la nitrificación de bacterias. Por ejemplo, la cámara puede incluir medios de alta área de superficie (por ejemplo, biobolas o cualquier otro medio adecuado) para permitir que una gran cantidad de bacterias colonicen el filtro. Se
25 puede usar cualquier bacteria nitrificante, por ejemplo, nitrosomas y nitrobacteria. Alternativamente, el agua puede pasar a través de un filtro de zeolita.

- Como diferentes especies de plantas prefieren diferentes proporciones de nitrato y amoníaco, dependiendo de las especies de plantas que se cultiven, se puede extraer fluido de varios puntos del sistema para optimizar el
30 crecimiento de las plantas. Por ejemplo, para las plantas que prefieren un mayor porcentaje de amoníaco, el fluido se puede extraer del circuito disuelto después de que el agua haya pasado a través de los medios de eliminación de sólidos grandes, pero antes de que haya entrado en la cámara de nitrificación. En tales formas de realización, para disminuir el nivel de amoníaco en el agua que se devuelve al tanque (10), el agua que sale del aparato de cultivo de plantas (18) puede pasar a través de un medio de nitrificación antes de regresar al tanque (10). Alternativamente,
35 para las plantas que prefieren menos amoníaco y más nitrato, el fluido puede extraerse después de la cámara de nitrificación. Opcionalmente, el fluido extraído de cualquiera de estos puntos puede combinarse con un fluido rico en nutrientes, que se acumula en la unidad de digestión de desechos biológicos (14) antes de ser entregado al aparato de cultivo de plantas.

- 40 En una forma de realización preferida, el fluido pasa a través de los medios de nitrificación (16) antes de ingresar en la unidad de digestión de residuos biológicos (14). Los medios de nitrificación (16) reciben y procesan la corriente disuelta antes de que la corriente disuelta se dirija a la unidad de digestión de residuos biológicos (14). Las ventajas de tal disposición son que los niveles de amoníaco pasados, tanto hacia la unidad de digestión de residuos biológicos (14) como al aparato de cultivo de plantas (18), se reducen, y además, el contacto directo entre los
45 residuos (heces de pescado y alimentos no consumidos) y las plantas es mucho más reducido, ya que hay un tampón o convertidor biológico entre cada parte del sistema, es decir, los sólidos pasan a través de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) para su procesamiento y el amoníaco disuelto pasa a través de los medios de nitrificación (16) antes de llegar a las plantas. Esto claramente tiene ventajas biológicas y de manejo y puede ayudar a cumplir con los estándares de certificación orgánica, a diferencia de muchos de los sistemas acuapónicos
50 existentes.

- Cuando la corriente disuelta pasa a través de los medios de nitrificación (16), al menos una porción del amoníaco se convierte en nitrito, al menos una porción del cual se convierte en nitrato. Una porción de la corriente disuelta se dirige de nuevo al tanque (10) (Flecha D) a través de una entrada, una porción se dirige a la unidad de digestión de
55 desechos biológicos (14) (Flecha E) para permitir el suministro de suficiente agua a través de esta unidad y sobre las plantas. Opcionalmente, una porción de la corriente disuelta puede dirigirse desde los medios de nitrificación (16) al aparato de la planta (18) (Flecha G) si la corriente disuelta que sale de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) está particularmente concentrada. Esta porción de la corriente disuelta puede combinarse con la que sale de la unidad de digestión de desechos biológicos antes de ingresar al aparato de la planta, o puede dirigirse directamente

al aparato de cultivo de plantas (18). El agua puede dirigirse pasivamente (por ejemplo, por gravedad) o activamente (por ejemplo, mediante el uso de una bomba) o una combinación de ambos. En una forma de realización preferida, el nivel global de amoníaco del sistema se mantiene por debajo de 2 partes por millón.

5 Opcionalmente, ya sea desde los medios de eliminación de sólidos grandes (12) o los medios de nitrificación (16), la corriente disuelta puede dirigirse a un separador de partículas pequeñas para permitir la eliminación de proteínas disueltas y/o partículas sólidas que pueden haber pasado a través de los medios de eliminación de sólidos grandes (12). Se puede utilizar cualquier separador de partículas pequeñas apropiado, por ejemplo, un fraccionador de espuma que separa las partículas pequeñas del agua haciendo pasar aire a través de una columna de agua, de
10 manera que las partículas pequeñas se separan como espuma que se recoge en la parte superior de la columna. La espuma puede dirigirse a la unidad de digestión de residuos biológicos (14) para su posterior conversión, mientras que el agua puede dirigirse de nuevo al tanque (10).

Si se permite que se acumule la alta carga orgánica contenida en el bucle de sólidos tiene un profundo efecto en la
15 calidad del agua y el estado del sistema. Si no se trata, existe un riesgo real de colapso de todo el sistema y la muerte del pez. De este modo, la corriente de sólidos que incluye los sólidos retenidos por los medios de eliminación de sólidos grandes (12) se transfiere desde los medios de eliminación de sólidos grandes (12) a la unidad de digestión de residuos biológicos (14). Esta transferencia puede ser facilitada por un medio de lavado, por ejemplo, chorros rociadores, que periódicamente limpian los medios de eliminación de sólidos grandes (12) con agua del
20 tanque (10), el medio de nitrificación (16) o el aparato de cultivo de plantas (18) o por una fuente de agua externa.

La unidad de digestión de residuos biológicos (14) incluye especies biológicas que son capaces de digerir los residuos de las especies acuáticas que fluyen a través de la unidad. para producir una fuente de nutrientes. La presencia de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) permite el reciclaje de una gran parte de los residuos
25 generados por las especies acuáticas, de modo que se pueden utilizar como nutrientes para las plantas. Esto significa que la cantidad de descarga del sistema puede reducirse significativamente, o eliminarse por completo, en comparación con los sistemas tradicionales.

La Figura 2 muestra un tanque adecuado (10) para uso en el sistema actual. Si bien el tanque (10) puede ser de
30 cualquier forma o tamaño requerido dependiendo del uso del sistema y/o las dimensiones del área en la que se va a alojar, en una forma de realización preferida, el tanque (10) puede ser rectangular con extremos redondeados. El tanque (10) puede incluir opcionalmente un deflector (30) que corre a lo largo de la mitad del tanque (10), deteniéndose antes de los extremos. Tal disposición puede facilitar un mejor flujo de agua en todo el tanque (10). Una o más entradas (32, 34) que devuelven agua tratada y/o que introducen agua nueva en el tanque (10), pueden
35 dirigirse específicamente para garantizar que el agua circule adecuadamente en una dirección particular. La dirección de tales entradas (32, 34) puede ser variable.

Cualquier clase acuática adecuada puede alojarse en el tanque (10), por ejemplo, peces o crustáceos. Una o más
40 clases o especies acuáticas separadas se pueden alojar en el tanque (10) en cualquier momento, por ejemplo, crustáceos y peces, o más de una especie de peces distintas se pueden alojar juntas.

En una forma de realización, puede haber una serie de tanques conectados en serie, por ejemplo, peces en el
45 primer tanque, con el agua fluyendo luego hacia un segundo tanque en el que los crustáceos utilicen parcialmente los desechos del pescado, y luego fluyan hacia el biofiltro para su posterior conversión.

En las formas de realización preferidas, las especies acuáticas pueden tolerar el agua dulce o el agua salobre, aunque se prevé que el sistema pueda adaptarse para facilitar el uso de especies acuáticas que requieran una mayor concentración de sal, por ejemplo, concentraciones similares al agua de mar. Una especie acuática ejemplar es el barramundi.
50

El agua del tanque (10) se transfiere al módulo de biofiltro que incluye un medio de eliminación de sólidos grandes (12) y una unidad de digestión de residuos biológicos (14). Esta transferencia puede ocurrir de manera pasiva, por ejemplo, debido a la gravedad, o activamente, por ejemplo, el agua puede ser bombeada desde el tanque. Como se ejemplifica en las Figuras 2, 3 y 4 en una forma de realización preferida, el tanque (10) incluye un drenaje inferior
55 (36) que captura y permite la transferencia de agua y desechos sólidos que han caído al fondo del tanque (10) y una superficie drenaje (38) que captura y permite la transferencia de agua y cualquier desperdicio flotante.

En una forma de realización, se pueden usar medios de guiado de desechos (40) para guiar los desechos hacia el drenaje inferior (36). Los medios de guiado de desechos (40) están diseñados de tal manera que se crea un vacío

en la cara abierta (42), en los dibujos se representan mediante sólidos hacia el drenaje inferior (36). Los medios de guía de residuos (40) pueden ser de cualquier forma apropiada. Puede abarcar desde el drenaje inferior (36) al menos parcialmente hasta al menos una pared del tanque (10). Los medios de guiado de residuos (40) incluyen una cara abierta (42), preferiblemente abierta hacia la dirección del flujo de agua que se aproxima. Al ingresar al medio de guiado de desechos (40), los desechos se dirigen al drenaje inferior (36).

Si bien los medios de guía de residuos pueden ser una unidad separada colocada en o sobre el piso del tanque, también puede diseñarse para incluir el piso del tanque. La forma de realización representada en la Figura 4, incluye una placa con forma de nautilo (44), colocada justo por encima del piso del tanque (10) y fijada a la superficie de drenaje (38). La cara abierta (42) está limitada por el piso (46) del tanque (10) en su borde inferior y la placa (44) en su borde superior. Un sello impermeable al agua (48) sella el resto de los medios de guía de desechos (40) al piso del tanque (10). En los dibujos se crea un vacío de sólidos y agua debajo de la placa (44) y en el drenaje inferior (36).

La unidad de digestión de residuos biológicos puede contener uno o más componentes que albergan dichas especies biológicas. La unidad de digestión de desechos biológicos puede incluir más de un componente que alberga dichas especies biológicas, en donde, en cualquier momento, uno o más de los componentes puede recibir la corriente de sólidos mientras que uno o más componentes no lo hacen. Por ejemplo, los componentes pueden moverse entre una o más posiciones de recepción y una o más posiciones de no recepción, en las que cuando se encuentran en una de las posiciones de recepción, un componente recibe dicha corriente de sólidos. En una forma de realización preferida, el componente puede incluir una posición de recepción y más de una posición de no recepción. La unidad puede incluir un aparato de rotación para permitir la rotación de uno o más componentes entre las posiciones de recepción y de no recepción. Alternativamente, el flujo de la corriente de sólidos a cada componente puede controlarse mediante un medio de control de flujo, por ejemplo, válvulas, compuertas de flujo, etc.

Como se representa en la Figura 5, la unidad de digestión de residuos biológicos (14) es una unidad de tornillo sin fin (50). La unidad de tornillo sin fin (50) puede incluir al menos una bandeja (52) que contiene material de compost y gusanos (54). Se puede utilizar cualquier especie de gusano apropiada, incluidos los "gusanos de compost". Los gusanos proporcionan una alternativa ambientalmente racional a los métodos químicos de conversión de residuos. Al pasar los desechos a través de las entrañas de los gusanos, los agentes patógenos, como los organismos heterótrofos, se eliminan y el subproducto, los moldes de gusanos, proporciona un alimento vegetal mineralizado. Además, el acto de procesar residuos a través de gusanos de compost también produce agentes quelantes como los ácidos fúlvicos y húmicos, que además ayudan a la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Opcionalmente, las bandejas de lombrices pueden ser inoculadas con cepas de bacterias y hongos que ayudan, aún más, al proceso de mineralización y aumentan la capacidad del sistema para amortiguar el pH y los nutrientes del ciclo, lo que potencialmente aumenta la estabilidad y eficiencia del sistema.

La corriente de sólidos (y la espuma del fraccionador de espuma, si está presente) (56) se dirige a la unidad de tornillo sin fin (50), opcionalmente junto con una pequeña cantidad de agua de lavado retroactivo de los medios de eliminación de sólidos grandes y/o el agua extraída de los medios de nitrificación (16). Preferiblemente, el líquido que entra en la unidad de tornillo sin fin se mantiene al mínimo o está ausente. El agua y el lixiviado de lombrices (58) que pasan a través del compost (56) serán relativamente ricos en nutrientes y se recolectarán debajo de las bandejas de lombrices en una bandeja de recolección (60). Luego se dirige al aparato de cultivo de plantas (18). El agua puede dirigirse pasivamente (por ejemplo, por gravedad) o activamente (por ejemplo, mediante el uso de una bomba) o una combinación de ambos.

La unidad de tornillo sin fin contiene una serie de bandejas de tornillo sin fin (52, 62, 64, 66) que pueden girarse de manera tal que cualquiera o todas ellas puedan recibir activamente la entrada de la corriente de sólidos y, opcionalmente, la cámara de nitrificación, en cualquier lugar, una vez. Alternativamente, cada bandeja (52, 62, 64, 66) puede abrirse y cerrarse con un medio de control, por ejemplo, una válvula o compuerta de flujo, de manera que la corriente de sólidos se pueda entregar a las distintas posiciones de recepción de la bandeja en una secuencia y sincronización que optimice el funcionamiento de la unidad de tornillo sin fin.

En la forma de realización representada en la Figura 5, la unidad tiene un aparato de apilamiento de cinco niveles (68), donde cada nivel está equipado para albergar una única bandeja de lombrices (52, 62, 64, 66). Más o menos niveles y, por lo tanto, las bandejas de gusanos también serían apropiadas para el sistema actual.

Opcionalmente, la unidad (50) puede tener una o más bandejas de tornillo sin fin (52, 62, 64, 66) en una posición de recepción, al mismo tiempo, y las bandejas restantes en una posición de "reposo". Las bandejas en una posición de recepción (52) recibirían activamente la corriente de sólidos y/o el agua que sale de los medios de nitrificación. Las bandejas en la posición de "reposo" (62, 64, 66) no recibirían activamente la entrada de la corriente de sólidos o la cámara de nitrificación, sin embargo, los gusanos procesarán los desechos biológicos entregados previamente a la bandeja a través de la corriente de sólidos. Las bandejas se pueden rotar a intervalos específicos dependiendo del tamaño de las bandejas y del volumen y concentración de la corriente de sólidos. Los lanzamientos de gusanos posteriores son relativamente no tóxicos y proporcionan nutrientes para el sistema de la planta. Al rotar regularmente las bandejas (52, 62, 64, 66) dentro de la unidad (50), los residuos frescos mínimos se exponen al flujo continuo de agua dentro del sistema, logrando así un sistema más estable y saludable.

Al mantener la mayor parte de los residuos frescos aislados del flujo de agua hasta que se procesan a través de los gusanos, la presión de inoculación de los organismos nocivos se mantiene al mínimo dentro del sistema. Los "servicios ecosistémicos" requeridos del biofiltro en este sistema son, por lo tanto, menores que en los sistemas en los que la mayoría de los residuos permanecen dentro del flujo de agua, lo que permite una unidad más compacta. El sistema está configurado para maximizar el reciclaje de nutrientes y minimizar el potencial de enfermedad.

Como se describe arriba y como se muestra en la Figura 6, el agua rica en nutrientes que sale de la unidad de digestión de desechos biológicos (14), y, opcionalmente, una porción de la corriente disuelta dirigida desde los medios de nitrificación (16), se dirige al aparato de cultivo de plantas (18). El agua puede dirigirse pasivamente (por ejemplo, por gravedad) o activamente (por ejemplo, mediante el uso de una bomba) o una combinación de ambos. En la Figura 6, el agua rica en nutrientes (70) que sale de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) y una porción de la corriente disuelta dirigida desde el medio de nitrificación (16) se dirige al aparato de cultivo de plantas (18). En esta forma de realización, el agua rica en nutrientes (y el lixiviado) (70) de la unidad de tornillo sin fin y el agua dirigida desde el medio de nitrificación (16) se combinan en un recipiente intermedio (72) y se transfieren activamente mediante una bomba (74) al aparato de cultivo de plantas. (18).

En otra alternativa, el agua puede dirigirse desde los medios de nitrificación (16) al lixiviado que sale de la unidad de digestión de residuos biológicos (14). Por ejemplo, cuando una unidad de tornillo sin fin está presente como se describe en la Figura 5, el agua de los medios de nitrificación (16) puede dirigirse a la bandeja de recolección (60), antes del lixiviado y entonces se agrega agua al aparato de cultivo de plantas (18).

El aparato de cultivo de plantas (18) puede ser cualquier aparato apropiado. En una forma de realización preferida, el sistema incluye canales de crecimiento en los que se colocan las raíces de las plantas. El agua rica en nutrientes que sale de la unidad de digestión de desechos biológicos se recibe en los canales de crecimiento en los que se sumergen las raíces de las plantas. Las plantas extraen los nutrientes del agua rica en nutrientes facilitando el crecimiento de las plantas.

El agua que sale del aparato de cultivo de plantas (18) tiene una reducción relativa de nutrientes y se devuelve posteriormente a los medios de eliminación de sólidos grandes (12). El agua con el nutriente reducido puede devolverse al medio de eliminación de sólidos grandes (12) de forma pasiva (por ejemplo, por gravedad) o activamente (por ejemplo, mediante el uso de una bomba) o una combinación de ambos. Esto asegura que todos los sólidos presentes en el agua reduzcan los nutrientes, por ejemplo, la mezcla de macetas, los restos de plantas, etc. son capturados por los medios de eliminación de sólidos grandes y se convierten en parte de la corriente de sólidos que posteriormente se dirige a la unidad de digestión de desechos biológicos. Así, los sólidos por encima del tamaño de filtro seleccionado no se envían al tanque o los medios de nitrificación.

Preferiblemente, el aparato de cultivo de plantas (18) se diseñará para maximizar la producción por metro cuadrado de tierra requerida. Preferiblemente, se utilizaría un aparato de cultivo de plantas apiladas verticalmente. Se puede utilizar cualquier forma de aparato de cultivo de plantas apiladas verticalmente, por ejemplo, sistemas NFT rotativos, disposiciones de tipo noria, disposiciones de bastidor.

Como se ve en la Figura 7, el agua y los sólidos del tanque (10) se dirigen a los medios de eliminación de sólidos grandes (12). La corriente disuelta se dirige a los medios de nitrificación (16) (Flecha a) y se divide en la unidad de digestión de desechos biológicos (14) (Flecha b), de regreso al tanque (10) (Flecha c), o para unirse al nutriente. Agua rica que sale de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) (Flecha d). El agua del medio de nitrificación (16) también puede dirigirse directamente al aparato de cultivo de plantas (18). La materia sólida filtrada por los medios de eliminación de sólidos grandes (12) se dirige a la unidad de digestión de residuos biológicos (14) (Flecha e). El agua rica en nutrientes que sale de la unidad de digestión de residuos biológicos (14) y cualquier agua

directamente aplicada desde los medios de nitrificación (16) se dirige al aparato de cultivo de plantas (18) (flechas f y d respectivamente). El agua restante y la materia sólida (incluidos los residuos vegetales y los medios de crecimiento) que salen del aparato de cultivo de plantas (18) se dirigen de nuevo a los medios de eliminación de sólidos grandes (12) (Flecha g) que se volverán a procesar a través del sistema.

5

Cualquier planta adecuada puede cultivarse en el sistema. El sistema puede soportar más de una especie de planta. Las especies ejemplares incluyen lechuga, hojas verdes asiáticas, tomates y otros vegetales frutales, fresas, hojas verdes, pasto de trigo, wasabi, brotes, hierbas y berro.

- 10 El aparato de cultivo de plantas puede contener suelo, un sustituto de suelo adecuado (por ejemplo, mezcla para macetas o grava) o ningún medio de crecimiento permanente. En formas de realización preferidas, el aparato de cultivo de plantas contiene muy poco o ningún medio de crecimiento permanente. Las ventajas de incluir bajos niveles de medio de crecimiento incluyen la reducción de los residuos sólidos que se filtran por el sistema, de modo que los filtros requerirán mantenimiento y reemplazo con menos frecuencia, y se reducirá el peso total del aparato de cultivo de plantas. La última ventaja es particularmente importante con respecto a las formas de realización de la invención que están apiladas verticalmente para reducir la huella horizontal del sistema.
- 15

- En una forma de realización, los nutrientes primarios alimentados a las especies acuáticas son larvas de insectos (ya sean frescas o deshidratadas). En dicha forma de realización, el aparato de acuerdo con la invención puede incluir, adicionalmente, un módulo de producción de larvas de insectos. Un ejemplo de módulo de producción de larvas de insectos se muestra en la Figura 8.
- 20

- El módulo de producción de larvas de insectos (80) incluye un recipiente (82) para albergar residuos orgánicos (84) y larvas de insectos (86). El contenedor (84) también incluye una tapa (88) para permitir el acceso manual, mientras que generalmente impide que las larvas salgan del contenedor (82). El módulo (80) puede incluir adicionalmente un tubo de salida de larvas (90). Cuando hay un tubo de salida de larvas (90), la tapa (88) está dispuesta de tal manera que las larvas no pueden abandonar el contenedor (82) por ningún otro medio que no sea el tubo de salida de larvas (90). El tubo de salida de larvas (90) puede asociarse con cualquier medio adecuado de recolección de larvas (92), desde el cual las larvas pueden transferirse al tanque (10) como fuente de nutrientes para las especies acuáticas. La transferencia desde los medios de recolección de larvas (92) al tanque puede ser manual (por ejemplo, puede requerir que un usuario transfiera las larvas) o automática (por ejemplo, los medios de recolección de larvas pueden incluir medios para transferir mecánicamente las larvas al tanque (10), por ejemplo, las series de tuberías de bombeo activas o los medios de recolección de larvas pueden colocarse sobre los tanques e incluir una liberación por temporizador, que permite la liberación de una cierta cantidad de larvas en tiempos predeterminados). Alternativamente, el tubo de salida de larvas (90) puede dirigirse directamente al tanque/s (10), ya sea en un tiempo preestablecido de liberación o de forma continua.
- 25
- 30
- 35

- El "residuo orgánico" alimentado a las larvas de insectos, puede ser cualquier residuo orgánico adecuado que incluya restos de comida humana. Alternativamente/adicionalmente, las larvas pueden alimentarse del exceso de desechos recolectados en la unidad de digestión de desechos del sistema. A medida que las larvas se mueven a lo largo de su ciclo vital, comenzarán a pupar, momento en el cual, naturalmente, comenzarán a abandonar el módulo de producción de larvas de insectos. El tubo de salida de larvas (90) promueve el movimiento hacia los medios de recolección (92).
- 40

- En una forma de realización preferida, la especie preferida sería la larva de la Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), sin embargo, podría usarse cualquier especie de insecto adecuada. Las especies apropiadas preferidas deben ser consumidoras activas de desechos orgánicos (por ejemplo, restos de alimentos), tener un ciclo de vida relativamente corto (por ejemplo, estar listas para ser pupadas dentro de unas pocas semanas), deben, al alcanzar la etapa de madurez, evacuar automáticamente su contenido estomacal (proporcionando una fuente más limpia de alimento para peces), y deberían ser auto-cosecha (es decir, tener una tendencia natural a abandonar el sitio de desechos y arrastrarse a un sitio adecuado para la crianza. En ese momento, las larvas treparán por una rampa y a lo largo de un tubo de salida de larvas (90) y se colocarán en un medio de recolección de larvas (92) listo para su uso directo como alimento para peces). Si bien se prefieren las especies que poseen todas estas características, las especies que no tienen todas estas características pueden usarse en el sistema. Por ejemplo, si una especie no es auto-cosecha, el usuario puede cosechar las larvas manualmente y transferirlas al tanque/s.
- 45
- 50
- 55

En una forma de realización, si se usan alevines de peces o especies de peces pequeños, las larvas pueden necesitar ser procesadas en un alimento de tamaño más pequeño. Cuando se usan tales especies o alevines, las larvas pueden secarse y procesarse en una pequeña bolita hasta que los peces sean lo suficientemente grandes

para manejar larvas vivas de tamaño completo. Alternativamente, las larvas pueden triturarse o procesarse de cualquier otra forma que disminuya su tamaño.

Una especie preferida de insecto es la Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*). Con esta especie, la digestión de desechos en larvas es muy rápida, un alto porcentaje de nutrientes son capturados por las larvas y, en consecuencia, se alimenta a los peces (y, en consecuencia, a las plantas acuapónicas). Un alto porcentaje de nitrógeno se mantiene en la digestión que se perdería, por ejemplo, a través del compostaje aeróbico. El valor nutricional de las larvas de Mosca Soldado Negra es alto y muy adecuado como fuente de alimentación para peces, que consiste en:

- 10 - un 42% de proteína
- un 35% de grasa
- un perfil adecuado de aminoácidos.
- un peso seco del 44% del peso húmedo, que es mucho más alto que los gusanos de compost o las larvas de mosca doméstica.

15 Otro beneficio de las larvas de la Mosca del Soldado Negra es que supera a las larvas de la mosca doméstica, por lo que se eliminan los problemas potenciales de la mosca. Aunque las larvas se recolectarían antes de la pupación, no sería un problema si se produjera una pupación accidental, ya que la mosca adulta del soldado negro no es una especie de plaga humana y no ingresa a casas o edificios.

20 La mayoría de los sistemas acuícolas y acuapónicos se basan en pellets de harina de pescado producidos comercialmente, como su fuente de alimentación. Los peces se capturan en el mar, se procesan en pellets secos y luego se alimentan a los peces en acuicultura o en granjas acuapónicas. Desafortunadamente, se obtiene menos pescado del que se extrajo originalmente del océano para producir los gránulos de alimento, es decir, se produce una pérdida neta de proteína que es ecológicamente ineficiente y costosa en términos económicos. Como el sistema actual tiene la opción de operar con desechos urbanos (o rurales) como principal aporte de nutrientes (a través del módulo de producción de larvas), es potencialmente mucho más ecológicamente eficiente, además de ser potencialmente más rentable.

30 La presente invención ha abordado estas limitaciones proporcionando los componentes de tratamiento de residuos del sistema, independientemente de las áreas de cultivo de la planta. Esto ha permitido el uso de muy poco o ningún medio de plantas dentro de los lechos de plantas. Sorprendentemente, esto ha permitido al solicitante proporcionar un sistema que puede proporcionar una mayor producción por metro cuadrado que los sistemas de acuaponía tradicional existentes, en ausencia prácticamente completa de residuos de efluentes.

35 Si bien cada una de las ventajas ofrecidas por la presente invención proporciona avances significativos con respecto a los métodos y sistemas tradicionales, cuando se consideran juntas, las ventajas son incluso mayores. El apilamiento vertical y la huella reducida subsiguiente, pueden ser una ventaja en cualquier situación en la que la tierra para la producción de alimentos sea costosa o haya otras razones para minimizar la huella. Por ejemplo, las regiones productoras de invernadero en el sur de España han sido criticadas porque, aunque se encuentran en tierras rurales, los grandes invernaderos se están volviendo tan frecuentes que se están convirtiendo en un problema estético. Además, la presente invención también puede ayudar a reducir los problemas asociados con el alto nivel de efluentes en dicha región debido a su naturaleza al menos parcialmente cerrada.

45 De manera similar, en las tierras que no solo tienen un alto valor monetario, sino también cultural, recreativo, biológico, etc., el sistema actual es útil. Por ejemplo, en áreas ambientalmente sensibles, o en comunidades isleñas, etc. es ventajoso producir las necesidades locales de alimentos en la mínima área de tierra posible.

50 Otra ventaja del apilamiento vertical y la huella reducida subsiguiente, es que la infraestructura del invernadero y los costos de operación, así como los costos de adquisición de la tierra, pueden minimizarse. Además, el uso de invernaderos más compactos permite una aplicación más rentable de los sistemas de gestión integrada de plagas (MIP). Por ejemplo, el uso de redes de exclusión total y otros métodos "suaves" (no tóxicos) de control y manejo de plagas puede ser viable con la presente invención, que pueden no ser rentables para sistemas de invernaderos menos intensivos.

55 También es importante producir alimentos cerca del lugar donde se consumen para reducir los costos y las emisiones de gases de efecto invernadero debido al consumo de combustibles fósiles utilizados en el transporte. Como la mayoría de la población mundial vive en y alrededor de áreas urbanas, es esencial que los sistemas de producción de alimentos sean viables en tierras cercanas a allí donde vive la mayoría de las personas.

La presente invención tiene el beneficio de combinar el apilamiento vertical, el mínimo o ningún efluente y, opcionalmente, la capacidad de usar el manejo de plagas no tóxicas, permitiendo que el sistema sea rentable, socialmente aceptable y ecológicamente sostenible en zonas urbanas y otros nichos que no eran aptos
5 anteriormente para la producción agrícola.

La tendencia mundial es que cada vez hay menos tierra disponible para la agricultura, que necesita alimentar a más y más personas, al mismo tiempo que se mantienen todos los servicios biológicos y de otro tipo que proporcionan los ecosistemas terrestres y naturales. Por tanto, es imperativo producir alimentos en el mínimo espacio posible y con el
10 mínimo impacto ecológico posible.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados en este documento tienen el mismo significado que entiende comúnmente un experto en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de acuaponía que comprende:
- 5 un tanque (10) para albergar al menos una especie de animal acuático;
un aparato (18) de cultivo de plantas para albergar una o más especies de plantas que crecen en un medio acuoso; y
un módulo de biofiltro para recibir un flujo de residuos (A) que comprende residuos sólidos y agua de tanque (10),
- 10 el módulo de biofiltro comprende:
- un medio de eliminación de sólidos (12) configurado para separar el flujo de residuos (A) en:
una corriente disuelta (C) que incluye el agua y partículas más pequeñas que son partículas disueltas o no disueltas;
- 15 una corriente de sólidos (B) que incluye partículas sólidas,
y
- una unidad de digestión de residuos biológicos (14) configurada para digerir partículas sólidas de la corriente sólida (B) de los medios de eliminación de sólidos (12), para producir nutrientes vegetales para las especies vegetales del aparato de cultivo de plantas (18),
- 20 un medio (F) para transferir los nutrientes vegetales producidos desde la unidad de digestión de desechos biológicos (14) al aparato de cultivo de plantas (18), en donde la unidad de digestión de desechos biológicos (14) es una unidad de gusano, y, además, en el que la unidad de gusano (14) comprende una pluralidad de bandejas de lombrices (52,62,64,66) que contienen material de compost y lombrices (54), estando configuradas dichas bandejas
- 25 de lombrices (52,62,64,66):
- para rotar de manera tal que cualquiera o todas las bandejas de gusanos reciban activamente la entrada de la corriente de sólidos (B), o
- cada bandeja se abrirá y cerrará con un medio de control tal que la corriente de sólidos (B) se entregue a las diversas bandejas que están en una posición de recepción y no se entregue ninguna corriente de sólidos (B) a las bandejas que están en posición de "descanso".
- 30
2. Un sistema acuapónico según la reivindicación 1, en el que la mencionada unidad de lombriz se inocula con una o más cepas de bacterias y/u hongos.
- 35 3. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el mencionado sistema comprende un medio de nitrificación (16) para tratar el agua de la corriente disuelta (C), en el que dicho medio de nitrificación (16) incluye, al menos, una entidad de nitrificación capaz de nitrificar amoníaco.
4. Un sistema acuapónico según la reivindicación 3, en el que la mencionada entidad de nitrificación se
- 40 elige del grupo que consiste en uno o más productos químicos apropiados, filtros de zeolita, microorganismos nitrificantes y cualquier combinación de los mismos.
5. Un sistema acuapónico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los mencionados medios de eliminación de sólidos (12) son un filtro o cualquier medio apropiado para separar partículas grandes de
- 45 partículas pequeñas y agua.
6. Un sistema acuapónico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el tanque (10) permite un flujo unidireccional reversible a través del tanque (10).
- 50 7. Un sistema acuapónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el tanque (10) comprende uno o más de entre un deflector, chorros de aire, o chorros de agua.
8. Un sistema acuapónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el mencionado aparato para el cultivo de plantas (18) es un aparato apilado, por ejemplo, un bastidor de nivel múltiple
- 55 A o una estructura de tipo escalera.
9. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el mencionado sistema comprende además un módulo de producción de larvas de insectos (80), para producir larvas para alimentar a las especies acuáticas del tanque (10).

10. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el tanque (10), el aparato para el cultivo de plantas (18), el módulo de biofiltro (12,14) y los medios de nitrificación (16), y el módulo de producción de larvas de insectos (80) cuando están presentes, están al menos parcialmente apilados verticalmente.
- 5 11. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que existe un contacto directo mínimo o nulo entre los residuos de especies acuáticas y las especies de plantas.
12. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que se utiliza una
- 10 cantidad mínima de medios de cultivo de plantas.
13. Un sistema acuapónico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el módulo de biofiltro (12,14) recibe un flujo de residuos que incluye residuos y agua del aparato de cultivo de plantas (18).
- 15 14. Un método acuapónico para la cría simbiótica de una o más especies acuáticas y una o más especies de plantas que comprende:
- a) proporcionar un sistema acuapónico según cualquiera de las reivindicaciones 1-13,
 - b) transferir residuos sólidos del tanque (10) al módulo de biofiltro; y
 - c) transferir los nutrientes vegetales del módulo de biofiltro al aparato de cultivo de plantas (18).
- 20 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el módulo de biofiltro recibe una corriente de residuos (H) que incluye residuos y agua del aparato de cultivo de plantas (18).

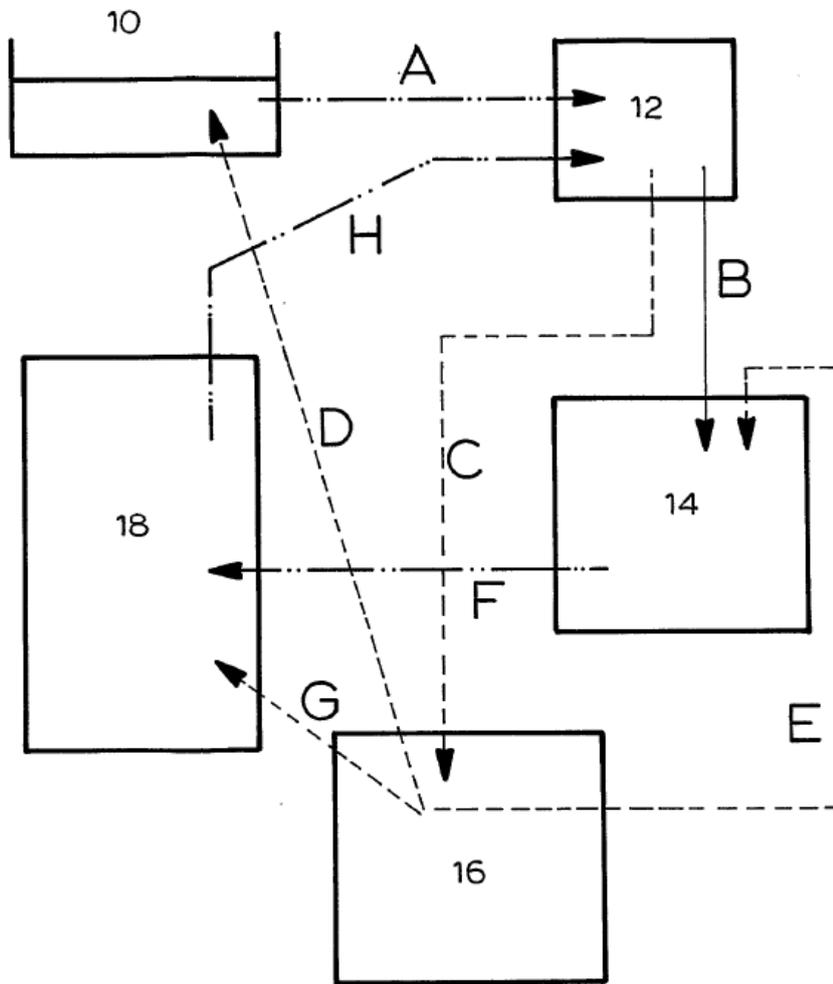


Fig. 1

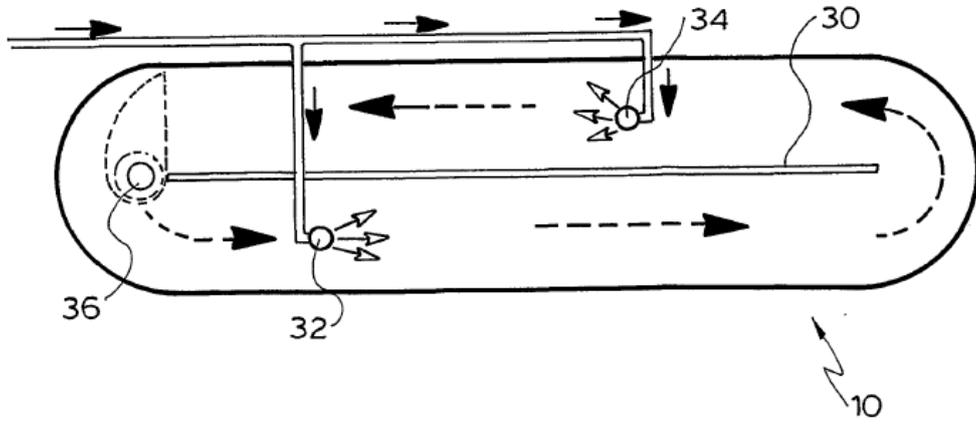


Fig. 2

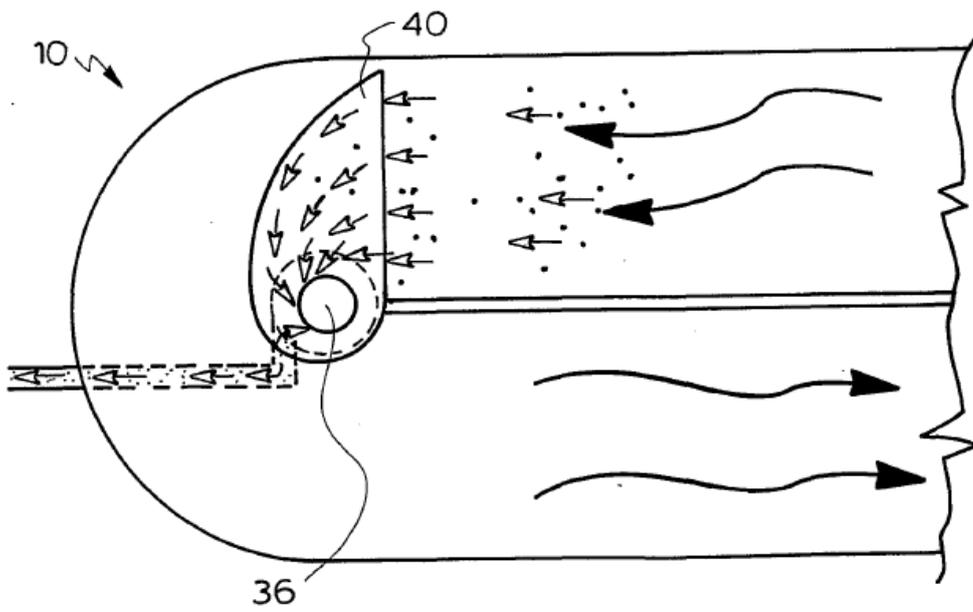


Fig. 3

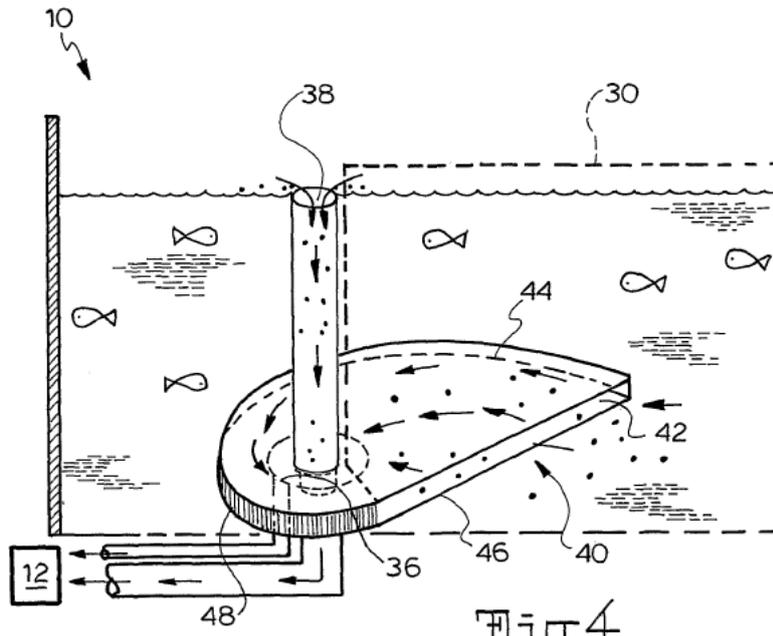


Fig. 4.

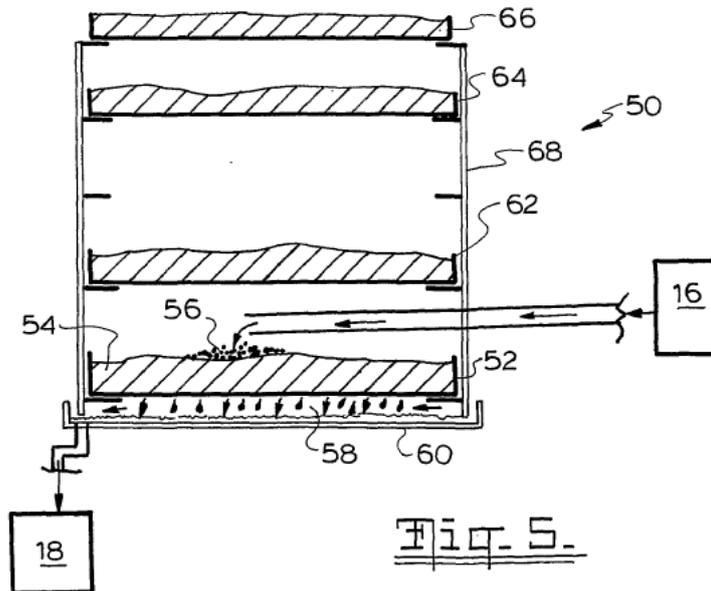


Fig. 5.

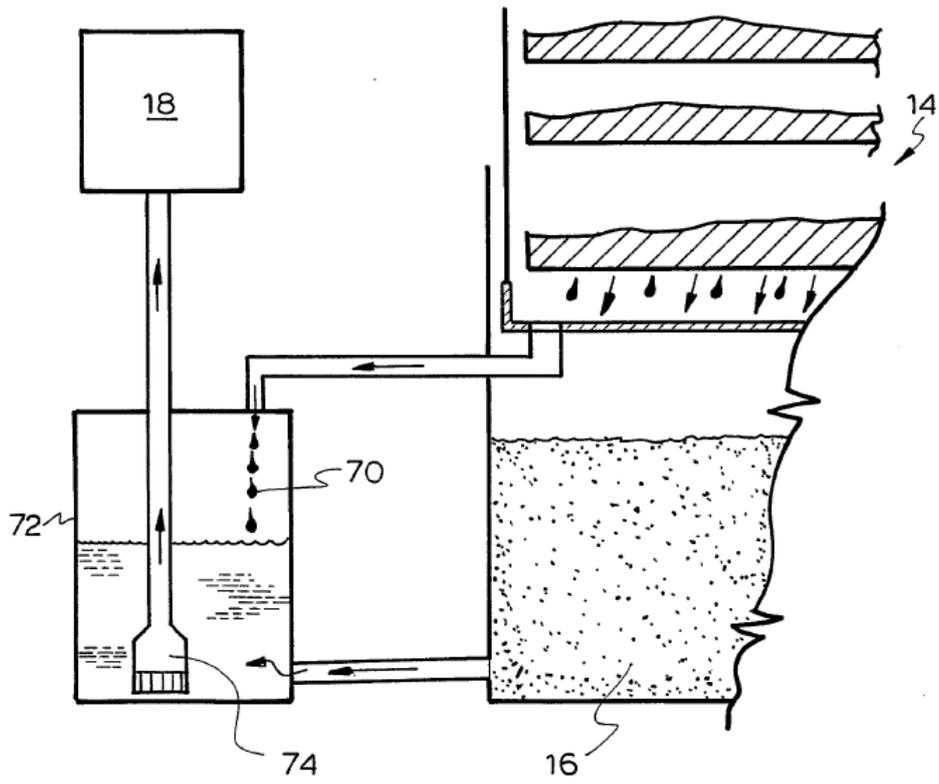


Fig. 6.

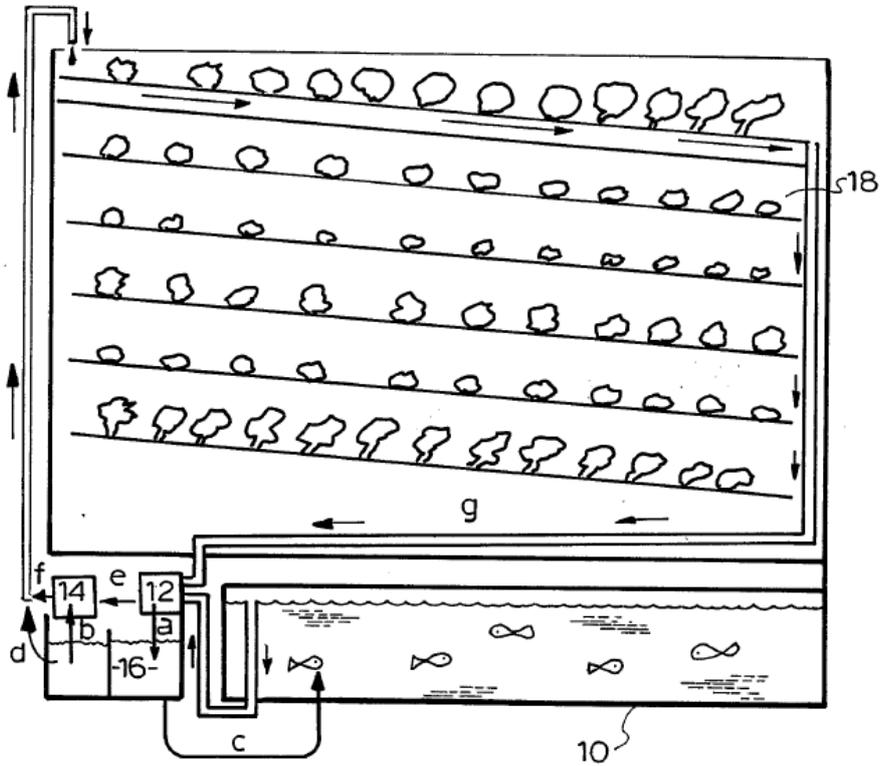


Fig. 7.

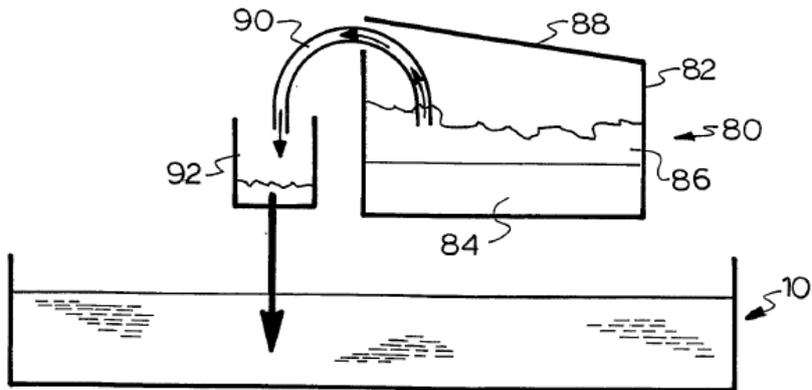


Fig. 8.