

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 767**

51 Int. Cl.:

A01K 67/033 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2015 PCT/CA2015/050653**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016 WO16011541**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2015 E 15824967 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 3171693**

54 Título: **Sistema de producción continuo para cultivo de insectos dípteros**

30 Prioridad:

21.07.2014 US 201462027081 P

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

05.08.2019

73 Titular/es:

**ENTERRA FEED CORPORATION (100.0%)
7383 -216th Street
Langley, BC V2Y 2S3, CA**

72 Inventor/es:

**MERCHANT, BRAD;
VICKERSON, ANDREW;
KAULFUSS, OLIVER y
RADLEY, REED**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 721 767 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 de producción continuo para cultivo de insectos dípteros

Campo de la invención

5 Aspectos de la invención se refieren a sistemas y condiciones que se adaptan para contener y cultivar insectos de manera continua a través de diversas etapas de un ciclo de vida de insecto, especialmente, insectos voladores que ponen huevos para generar larvas. Se proporcionan sistemas mecanizados que se adaptan para la producción a gran escala de larvas de insectos, que pueden usarse en sistemas de bioconversión ligada, por ejemplo, sistemas que se diseñan para convertir materiales de desecho orgánico en productos de valor.

10 Antecedentes de la invención

Algunas larvas de insectos, tal como las larvas de la mosca soldado negra (BSF; *Hermetia illucens*) resultan especialmente bien adecuadas para convertir una amplia variedad de materiales orgánicos en productos alternativos. El material orgánico puede incluir, por ejemplo, productos de desecho comerciales o residenciales, tales como materia frutal y vegetal, pulpa de café, carne, pescado, pan, granos, o abonos. Los productos de valor agregado de bioconversión de BSF pueden incluir, por ejemplo, alimento para animales o ingredientes alimentarios (para animales terrestres o acuáticos), alimento para mascotas, alimentos para consumo humano, o medios de crecimiento vegetal. Para aprovechar esta capacidad natural de bioconversión, se han descrito diversas técnicas para utilizar BSFs en sistemas de bioconversión, véanse WO2013166590, WO2012100077 y WO2010002188.

20 Existe un número de características de BSFs que se han considerado como ventajosas en sistemas de bioconversión alternativos. Las larvas de BSF y prepupas tienen un alto contenido de proteínas y ácidos grasos y exhiben comportamientos naturales que pueden formar la base de sistemas de cosecha propia. Los adultos de BSF no se consideran de manera general como vectores de enfermedad. Las larvas de BSF pueden demostrar cualidades antipatogénicas (Erickson, *et al.* 2004; Liu, *et al.* 2008). Finalmente, las larvas de BSF pueden cultivarse de manera tal que producen colonias estables, al menos en parte debido a que impiden la colonización a partir de otras especies de insectos (Bradley y Sheppard, 1984) y pueden sobrevivir en una diversidad de condiciones ambientales.

30 Como un miembro de la Familia *Stratiomyidae*, la BSF experimenta metamorfosis completa durante su vida. Esto incluye las etapas de huevo, larva, pupa y ciclo de vida adulta. Las larvas eclosionarán a partir de la etapa de huevo después de 48-72 horas y atravesarán cinco estadios (etapas larvarias) antes de alcanzar la etapa de pupas. El primer estadio (L1) mudará en el segundo estadio (L2) dentro de los 4-5 días y alcanzará, de manera general, la etapa de pupas dentro de unos 12-30 días adicionales, lo que depende de la temperatura, humedad, tipo de alimento, cantidad de alimento, frecuencia de alimentación, mezcla de ingredientes alimentarios, humedad de alimento, dieta de partida, dieta de finalización y consistencia de alimento. Entre el quinto estadio (L5) y la etapa de pupas existe la etapa de prepupas, donde la larva de BSF busca de manera general un ambiente más seco para completar la etapa de metamorfosis de su ciclo de vida. La etapa de pupas dura, de manera general, de 7-20 días, lo que depende de factores tales como, por ejemplo, movimiento, proximidad con respecto a otras pupas en movimiento, nivel de luz, temperatura y humedad, a continuación de la cual emergerá la mosca adulta. Las parejas de BSFs adultas y hembras gestantes de BSFs pondrán huevos (a saber, "ovipositar") para la próxima generación. La vida de una BSF adulta dura, de manera general, 6-15 días, lo que depende de la humedad (por ejemplo, del 50-90%) y/o temperatura (por ejemplo, 22-35 °C) y energía acumulada, tales como cantidades y perfiles de proteína y grasa. Los plazos anteriores que se asocian con el ciclo de vida normal de BSF son necesariamente aproximaciones, con variaciones que dependen, de manera general, de condiciones ambientales y suministro de alimento. Por ejemplo, se ha informado que el suministro de alimento limitado puede extender el período larvario a 4 meses (Furman *et al.*, 1959).

45 En condiciones apropiadas, las hembras gestantes adultas de BSF ovipositarán huevos en aproximadamente 24-72 horas después del apareamiento. Los huevos se ovipositan, de manera general, en espacios estrechos, angostos, tales como bloques de cartón con canales que se orientan en cualquier dirección. Las hembras sienten atracción normalmente por los sitios de oviposición con olores fuertes, u otras señales bioquímicas que derivan a partir de los huevos de BSF o hembras gestantes de BSF, ya que esto indica usualmente una fuente de alimentación potencial para la descendencia de BSF. Los adultos de BSF requieren condiciones ambientales específicas para inducir comportamientos de apareamiento, que incluyen rangos particulares de luz, espacio, temperatura y humedad. La BSF sobrevivirá y se apareará a temperaturas de entre 22 °C y 35 °C y niveles de humedad de entre el 30% y 90%. Por ejemplo, la BSF sobrevivirá y se apareará a una temperatura de aire ambiental de aproximadamente 25 °C-30 °C con una humedad relativa de aproximadamente el 60-80%. Se ha informado que una colonia de BSF puede mantenerse a 22 °C (Tomberlin y Sheppard, 2002) y que el límite superior para desarrollo óptimo de la BSF se encuentra entre 30-36 °C (Tomberlin *et al.*, 2009). Un estudio para medir el apareamiento y oviposición de BSF informó que el 80% por 55 ciento de nidos de huevos fueron depositados cuando la humedad excedió el 60% (Tomberlin y Sheppard, 2002).

Resumen

- Aspectos de la invención se refieren a aparatos y métodos para cultivar insectos dípteros, especialmente, *Hermetia illucens*. En aspectos seleccionados, la invención incluye una cámara de apareamiento que contiene insectos adultos.
- 5 La cámara de apareamiento puede incluir adaptaciones para la introducción programada y/o medida de entradas, tales como: sustrato de puesta de huevos vacío, prepupas, materia para lecho, carbohidratos (azúcar) y/o agua); y, la recolección programada y/o medida de salidas, tales como: sustrato de puesta de huevos que contiene huevos, exuvia y materia para lecho, y/o adultos muertos. El sistema puede incluir, además, adaptaciones para optimizar el uso de espacio, que incluyen el uso de condiciones ambientales controladas dentro de un espacio confinado.
- 10 En realizaciones seleccionadas, la invención incluye una cámara de apareamiento y una unidad de bioconversión, que opera para de manera concertada para facilitar la alternación de etapas del ciclo de vida del insecto. La cámara de apareamiento se adapta para alojar insectos adultos machos y hembras que se aparean para producir huevos de insecto. Los huevos pueden transferirse luego a partir de la cámara de apareamiento a la unidad de bioconversión para cría, donde las larvas de insectos se cultivan para producir larvas maduras. Las larvas maduras pueden transferirse, a su vez, a la cámara de apareamiento, para eclosionar para producir una generación posterior de insectos adultos que ponen huevos.
- 15 En realizaciones seleccionadas, la cámara de apareamiento es un recinto, tal como un recinto protegido, para contener los insectos adultos, que se adapta para permitir la circulación de aire hacia adentro y hacia afuera del recinto y para admitir iluminación exterior hacia adentro del recinto. El recinto puede proporcionarse con un puerto de entrada y un
- 20 puerto de salida para cámaras de oviposición, que pueden tomar la forma de bandejas de puesta de huevos que se abastecen con un sustrato de puesta de huevos y medios de oviposición adecuados. De manera similar, el recinto puede proporcionarse, además, con un puerto de entrada y un puerto de salida por separado para una cámara de prepupas.
- 25 Un soporte de cámara de oviposición que se aloja dentro del recinto puede adaptarse para transportar un sustrato de puesta de huevos en la cámara de oviposición a partir del puerto de entrada de cámara de oviposición al puerto de salida de cámara de oviposición. De manera similar, un soporte de cámara de prepupas que se aloja dentro del recinto se adapta para transportar la cámara de prepupas a partir del puerto de entrada de cámara de prepupas al puerto de salida de cámara de prepupas. Un sistema de recolección de mortalidad puede disponerse a lo largo de la base de la
- 30 cámara de apareamiento, que se adapta para transportar insectos muertos hacia afuera de la cámara de apareamiento a través de un puerto de salida de mortalidad en el recinto.
- 35 Se puede proporcionar un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de oviposición a través del recinto a lo largo del soporte de cámara de oviposición durante un período de oviposicionamiento medido. De manera similar, se puede proporcionar un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de prepupas a través del recinto protegido a lo largo del soporte de cámara de prepupas durante un período de maduración de prepupas medido. De manera general, el período de maduración de prepupas será mayor que el período de oviposicionamiento.
- La unidad de bioconversión puede incluir una pluralidad de compartimentos larvarios segregados, que se adaptan cada uno de ellos para alojar las larvas de insectos y medios de crecimiento. La unidad de bioconversión puede incluir además un mecanismo para alimentación de manera secuencial de medios de crecimiento medidos a las larvas en un compartimento larvario seleccionado.
- 40 Los huevos que se producen en la cámara de apareamiento en el sustrato de puesta de huevos pueden sembrarse en un compartimento larvario de neonatos de la unidad de bioconversión, por ejemplo, al transferir el sustrato de puesta de huevos al compartimento larvario de neonatos y al proporcionar una fuente de alimento para neonatos en el compartimento larvario de neonatos que resulta accesible para larvas de insectos neonatos. Una recolección de
- 45 huevos aproximada puede sembrarse en el compartimento de neonatos, a la que se permite que eclosionen y migren lejos del sustrato de puesta de huevos, para madurar en la fuente de alimentos para neonatos para producir larvas de neonatos maduras, dejando sustratos de puesta de huevos estériles. Los sustratos de puesta de huevos estériles pueden separarse luego, de manera secuencial, a partir de larvas de neonatos maduras y compartimentos larvarios de neonatos, y regresarse a cámaras de oviposición en la cámara de apareamiento, y larvas de neonatos maduras se alimentan luego, de manera secuencial, con medios de crecimiento medidos en compartimentos larvarios de la unidad
- 50 de bioconversión, para producir larvas maduras. Las poblaciones medidas de larvas maduras pueden transferirse luego, de manera secuencial, a las cámaras de prepupas en la cámara de apareamiento para eclosionar para producir los insectos adultos.
- 55 La cámara de apareamiento y unidad de bioconversión pueden alojarse en un recinto de ambiente controlado, tal como un invernadero, que admite luz solar, y la cámara de apareamiento puede posicionarse dentro del recinto de ambiente controlado de manera tal que la luz solar alcanza a los insectos adultos dentro de la cámara de apareamiento.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista isométrica de una realización seleccionada de una cámara de apareamiento, que ilustra un recinto protegido que se adapta para alojar insectos machos y hembras en condiciones que se adaptan para facilitar el apareamiento para producir huevos que pueden cosecharse.

- 5 La Figura 2 es una vista en alzado desde un extremo de la cámara de apareamiento, que ilustra un puerto para una cámara de prepupas, por encima de un puerto para una cámara de oviposición, que se encuentra, a su vez, por encima de un puerto de salida de mortalidad en el recinto.

La Figura 3 es una vista superior de la cámara de apareamiento, que ilustra rieles de soporte de cámara de oviposición y rieles de soporte de cámara de prepupas, dentro del armazón en la base del recinto protegido.

- 10 La Figura 4 es una vista isométrica de una realización de bandeja de prepupas de una cámara de prepupa.

La Figura 5 es una vista en planta superior de la realización de bandeja de prepupas.

La Figura 6 es una vista en alzado lateral de la realización de bandeja de prepupas.

La Figura 7 es una vista isométrica de una realización de bandeja de huevos de una cámara de oviposición.

La Figura 8 es una vista en planta superior de la realización de bandeja de huevos.

- 15 La Figura 9 es una vista en alzado lateral del corte de la realización de bandeja de huevos, a lo largo del eje A de la Figura 8.

Descripción detallada

- 20 Diversas realizaciones de la invención proporcionan aparatos y métodos para producir y aislar huevos de BSF en un ambiente autónomo, que incluyen la inducción de apareamiento y el aislamiento y recolección de huevos con alteración mínima del comportamiento de la mosca adulta.

- 25 Las Figuras ilustran diversos aspectos de un sistema para producir y aislar huevos de BSF. El aparato incluye cámara 10 de apareamiento y fuentes(s) 12 de luz artificial, un recolector 14 de mortalidad (moscas muertas), una cámara 16 de oviposición y soporte 18 de cámara de oviposición. Un atrayente para hembras gestantes puede proporcionarse en la cámara 16 de oviposición. Las cámaras 20 de prepupas se desplazan en el soporte 22 de cámara de prepupas. Los recipientes de alimento pueden proporcionarse para transportar alimento de insecto adulto, tal como azúcar granulada, a lo largo del soporte de cámara de oviposición o del soporte de cámara de prepupas, y los recipientes de alimento pueden tomar, por ejemplo, la forma de cámaras de prepupas que se abastecen con el alimento de insecto en lugar de sembrarse con larvas maduras.

- 30 La cámara 10 de apareamiento puede construirse, por ejemplo, a partir de una estructura de armazón 24 y malla 26, que puede ser independiente, según se ilustra, o colgar a partir de un soporte superior. En la realización que se ilustra, la porción 28 superior de la cámara 10 de apareamiento es rectangular en sección transversal, con una porción 30 inferior en forma de V. La longitud, ancho y altura de la jaula resultan variables, y las unidades repetitivas pueden proporcionarse, por ejemplo, de manera que se pueden fijar para formar una estructura modular de dimensiones alternativas. En un contexto general, un ejemplo de una dimensión que puede operar sería de aproximadamente 60
- 35 pies de largo, 5 pies de ancho y 10 pies de alto. La cámara 10 de apareamiento puede colocarse en ruedas o rieles para facilitar el movimiento de las cámaras para mantenimiento o limpieza. De esta manera, el sistema puede adaptarse, por ejemplo, para permitir que las cámaras 10 de apareamiento se coloquen una al lado de la otra, reduciendo así el espacio entre las cámaras 10 de apareamiento adyacentes y reduciendo el impacto general de la instalación.

- 40 Las luces artificiales (bombillas y accesorios) pueden colocarse de manera tal que iluminan el espacio interior de las cámaras 10 de apareamiento, posicionándose, por ejemplo, por encima de la cámara de apareamiento. Por ejemplo, puede usarse una combinación de bombillas de LED, yodo o halógenas de neodimio. Puede usarse, además, una luz de espectro UV alta (luz negra) para, por ejemplo, atraer moscas a ciertas áreas de la jaula para aumentar el comportamiento de asambleas de cortejo o para atraer moscas hacia o lejos con respecto a áreas particulares, para,
- 45 por ejemplo, minimizar los escapes durante la reparación o mantenimiento del sistema.

- La porción 30 inferior de la cámara 10 de apareamiento puede presentar forma de artesa, según se ilustra, por ejemplo, con un ángulo de menos de alrededor de 40 grados. La forma de artesa puede adaptarse para dirigir moscas muertas (mortalidad) en la porción más baja de la artesa, que puede moldearse, a su vez, en un sistema 14 de recolección de mortalidad tubular que se adapta para transportar muertos hacia afuera de la cámara de apareamiento. Por ejemplo,
- 50 dentro de la porción 30 inferior de artesa, un transportador sin fin o taladro giratorio puede posicionarse de manera tal que cuando el tornillo se gira este dirige las moscas muertas a un extremo de la cámara 10 de apareamiento, y hacia

afuera a través de un puerto de salida de mortalidad. En un contexto dimensional, el sistema de recolección de mortalidad puede constituirse, por ejemplo, a partir de una estructura tubular que consiste de aproximadamente 2,5" de diámetro. En realizaciones seleccionadas, puede fijarse por ejemplo un aspirador al tubo en el puerto de salida de mortalidad, de manera temporal o permanente, para asistir en la recolección de muertos. En un sistema de recolección de mortalidad tal como este, el alimentador de tornillo puede, por ejemplo, girarse mecánicamente, con, por ejemplo, un cigüeñal manual o con un motor eléctrico. El sistema de recolección de mortalidad puede operarse de manera tal que facilita el retiro frecuente y exhaustivo de moscas muertas, de manera tal que impide la propagación de patógenos, tal como infestaciones de ácaros, e impedir que las hembras gestantes se sientan atraídas a moscas muertas en descomposición.

La cámara de apareamiento puede operar como un transportador modular de cámaras de prepupas y oviposición, en una base de transportador de acumulación en línea secuencial, primero en entrar, primero en salir. En un sistema como tal, la adición de una cámara de prepupas recientemente abastecida en un extremo de la cámara de apareamiento, a través de un puerto de entrada, puede llevarse a cabo de manera tal que se genera que la cámara de prepupa más antigua salga por el otro extremo de la cámara de apareamiento a través de un puerto de salida. De manera similar, la adición de una cámara de oviposición recientemente abastecida en un extremo de la cámara de apareamiento puede llevarse a cabo de manera tal que se genera que la cámara de oviposición más antigua salga por el otro extremo de la cámara de apareamiento a través del puerto de salida de la cámara de oviposición.

Para facilitar la operación de la cámara de apareamiento como un transportador de las cámaras de prepupas y oviposición, la cámara de apareamiento puede proporcionarse con un soporte 22 de cámara de prepupas y un soporte 18 de cámara de oviposición, cada uno de los cuales actúa como transportadores de acumulación FIFO. Por ejemplo, las cámaras 20 de prepupas pueden desplazarse en un soporte 22 que se constituye a partir de rieles, rodillos, una cinta, o una superficie con fricción reducida. De manera alternativa, los soportes para prepupas y oviposicionamiento pueden formarse a partir de una cinta transportadora continua o dividida que se desplaza a partir de un puerto en un extremo de la cámara 10 de apareamiento a un puerto correspondiente en el otro extremo de la cámara 10 de apareamiento. Las lengüetas 32 en la parte inferior de la cámara 20 de prepupas pueden separarse en menor medida con respecto al ancho de los rieles 22 con el fin de guiar las cámaras 20 de prepupas en una línea recta. Por ejemplo, las lengüetas 32 pueden consistir de clavijas que se encolan o se fijan a la bandeja o forman parte del molde de bandeja. Como ocurre con otros aspectos del interior de la cámara de apareamiento, el área superficial de la clavija puede minimizarse para reducir los ángulos rectos que podrían actuar como áreas de puesta de huevos para hembras gestantes. Las cámaras 20 de prepupas pueden, por ejemplo, empujarse manualmente por un operador, o alimentarse mecánicamente, a través de un puerto de entrada en un extremo de la cámara de apareamiento, que se inclinan en contra de una hilera de cámaras 20 de prepupas adyacentes secuenciales que se desplazan en el soporte 22, desplazando, de este modo, a la cámara 20 de prepupas más distante, más antigua hacia afuera de un puerto de salida en el otro extremo del recinto 10 de apareamiento. Los puertos 36 de entrada y salida se proporcionan para cámaras 20 de prepupas en los extremos de la cámara 10 de apareamiento, según se ilustra en la Figura 2. La adición de una nueva cámara 20 de prepupas origina así el retiro de una cámara 20 de prepupas utilizada en el otro extremo, en la que las pupas han completado su eclosión. La cámara 20 de prepupas utilizada puede retirarse a partir del extremo opuesto de la jaula manualmente o automáticamente. En una realización de ejemplo, una única cámara 20 de prepupas se introduce a diario en la cámara de apareamiento, de manera tal que las cámaras 20 de prepupas se mueven una posición por día a medida que la cadena secuencial de cámaras 20 de prepupas atraviesa la longitud de la cámara 10 de apareamiento. En realizaciones seleccionadas, el sistema puede adaptarse de manera tal que una cámara 20 de prepupas reside en la cámara 10 de apareamiento durante aproximadamente 20 a 30 días, y en cualquier caso para un período de tiempo de maduración de prepupas medido que resulta suficiente para que las prepupas se metamorfoseen y eclosionen como adultos.

En la realización ilustrada, la cámara 16 de oviposición consiste de una bandeja rectangular con elevadores 34 que suspenden un sustrato de oviposicionamiento (tal como una estructura de panal) por encima de un atrayente odorífero que reside en la parte inferior de la bandeja. La cámara 16 de oviposicionamiento consiste, de manera ventajosa, de superficies lisas y redondeadas, evitando esquinas afiladas y grietas con el fin de desalentar la puesta de huevos en la bandeja. Las cámaras 16 de oviposicionamiento circulan a través del recinto 10 de apareamiento de una manera similar con respecto a las cámaras 20 de prepupas. En algunas realizaciones, la cámara 16 de oviposicionamiento será más liviana que las cámaras 20 de prepupas, de manera tal que el soporte 18 de cámara de oviposicionamiento podría no requerir rodillos. En la realización que se ilustra, la cámara 16 de oviposicionamiento se desplaza en barras 18 de soporte y se empuja o se retira manualmente por el operador hacia adentro o hacia afuera con respecto a los puertos 34 de entrada y salida, según se muestra en la Figura 2. De esta manera, la adición de una nueva bandeja 16 de oviposicionamiento a través del puerto 34 permite el retiro de una bandeja 16 de oviposicionamiento en el otro extremo de la cámara 10 de apareamiento, a través del puerto 34 opuesto. Las cámaras 16 de oviposicionamiento secuenciales que se desplazan en el soporte 18 pueden conectarse, por ejemplo, con un gancho, imán u otro dispositivo conector, y, de esta manera, una serie de cámaras 16 de oviposicionamiento pueden retirarse de manera alternativa a partir de un extremo de la cámara 10 de apareamiento a través del puerto 34.

Las cámaras 16 de oviposicionamiento pueden proporcionarse con un atrayente de oviposicionamiento, por ejemplo, una mezcla 1:1 saturada de dieta Gainesville (Hogsette, 1985) que se mezcla con lixiviado de larvas de BSF y

- deposiciones de BSF o una mezcla de granos de cerveza y/o salvado de trigo. Otros atrayentes pueden incluir granos de fermentación, tales como granos de cerveza de maíz, abono, desecho de alimentos en descomposición, larvas y/o huevos de BSF, ácidos grasos tales como ácido láurico. El atrayente de oviposicionamiento se formula y se posiciona de manera tal que atraerá hembras gestantes de BSFs para poner huevos en un sustrato de oviposicionamiento (tal como una estructura de panal) que se sostiene en la cámara 16 de oviposicionamiento. En una realización seleccionada, un sustrato de oviposicionamiento de panal consiste de material con aberturas tubulares múltiples que se abren en extremos opuestos, con aberturas que pueden ser, por ejemplo, de 2-3 mm de diámetro y de una variedad de formas.
- 5
- 10 En realizaciones alternativas, el atrayente de oviposicionamiento, tal como el panal, puede, por ejemplo, suspenderse por encima de la bandeja de atrayente de oviposicionamiento en su propio soporte. En realizaciones de esta clase, el atrayente puede proporcionarse, por ejemplo, en una bandeja o en una cinta continua con flancos. El atrayente puede alimentarse en un extremo de la cámara 10 de apareamiento y hacia fuera del otro extremo, a través de puertos de atrayentes de oviposicionamiento. En realizaciones de esta clase, el sustrato de oviposicionamiento puede circular a través de la cámara 10 de apareamiento durante un período de tiempo medido, por ejemplo, 1-2 semanas, antes de retirarse. En sistemas de esta clase, las larvas eclosionan de manera continua en el atrayente, el cual actúa luego como un alimento de partida para neonatos y se recolecta y reemplaza con nuevo alimento de manera regular, por ejemplo, cada 24 horas. De esta manera, los huevos y huevos eclosionados actúan como un atrayente para hembras gestantes y de manera similar, las larvas maduras se recolectan en cada lote de sustrato para neonatos.
- 15
- 20 En realizaciones seleccionadas, las cámaras 20 de prepupas y cámaras 16 de oviposicionamiento pueden separarse mediante espaciadores (por ejemplo, clavija de ½ pulgada de diámetro, ¼ de pulgada de alto), de manera tal que las cámaras se separan mediante un espacio, tal como un espacio de ¼ de pulgada o más, para desalentar a las hembras gestantes en cuanto a la puesta de huevos en las grietas entre cámaras. Los espaciadores pueden, por ejemplo, formarse como una parte unitaria de las cámaras 16, 20 o pueden proporcionarse como espaciadores desmontables.
- 25 De manera ventajosa, las bandejas 16, 20 son lisas con superficies redondeadas (que no tienen ángulos rectos) con el fin de desalentar la puesta de huevos en la bandeja.
- En realizaciones seleccionadas, las bandejas 16 de oviposicionamiento y bandejas 20 de prepupas se acceden a través de puertos 34, 36 en una disposición en las que cada puerto se proporciona con dos puertas alternativas. Las puertas alternativas pueden, por ejemplo, construirse para abrirse en flancos opuestos del puerto relevante (superior/inferior o izquierdo/derecho). En este sistema, una puerta primaria resulta sólida, y cierra la abertura de puerto por completo. Una puerta secundaria define una abertura interna de dimensiones más pequeñas con respecto a la abertura de puerto, con un borde interno deformable en la abertura de puerta interna que tiene dimensiones ligeramente más pequeñas con respecto a las dimensiones transversales en sección transversal de las cámaras de oviposicionamiento o prepupas. Durante el mantenimiento de las cámaras de oviposicionamiento o prepupas, la puerta primaria se abre y la puerta secundaria se cierra, proporcionando la puerta secundaria acceso a las cámaras a través de la abertura interna más pequeña allí. Cuando la cámara 10 de apareamiento no se encuentra en mantenimiento, la puerta primaria se cierra y la puerta secundaria se abre. Los bordes internos de la puerta secundaria forman una abertura deformable en la puerta, que consiste de, por ejemplo, cerdas y o de material de burletes. A medida que las cámaras de oviposicionamiento o prepupas se retiran o se empujan hacia adentro o hacia afuera de la cámara 10 de apareamiento, las moscas se quitan de las cámaras y sustrato mediante el material de la abertura interna deformable, de manera tal que los insectos adultos no escapan de la cámara 10 de apareamiento. La puerta primaria permite el cierre completo de la abertura de puerto, mientras que la puerta secundaria permite que las moscas se quiten de las cámaras a medida que cada cámara abandona un puerto 34, 36 de cámara de apareamiento. Un sistema de dos puertas permite, además, que el flanco interno de cada puerta se limpie sin dejar escapar moscas.
- 30
- 35
- 40
- 45 En realizaciones alternativas, los insectos adultos en la cámara 10 de apareamiento pueden regarse usando un sistema de riego dedicado. En una realización, una línea de radiador (tubo y área superficial fija, tal como una placa de metal) puede desplazarse por la longitud del interior de la cámara 10 de apareamiento. Un fluido frío, tal como agua, se desplaza a través de la línea de radiador encontrándose la temperatura del fluido en la línea por debajo del punto de rocío del ambiente (aire húmedo) en el interior de la cámara 10 de apareamiento. En este sistema, la condensación ocurre en las placas de metal, y las moscas pueden beber de este condensado. La temperatura de fluido puede controlarse para impedir goteo excesivo a partir de la placa de metal. La superficie del metal puede ser blanca, para reflejar luz mientras atrae moscas a la superficie para beber. La superficie puede encontrarse, además, en ángulo lejos de la horizontal, por ejemplo en hasta 45 grados, para impedir que moscas muertas se acumulen en la superficie. En realizaciones alternativas, atomizadores de baja presión pueden colocarse dentro o fuera de la cámara 10 de apareamiento, de manera tal que las gotas de agua se acumulan en los flancos de la malla o rejilla de la cámara de apareamiento, que actúa luego como una superficie para beber para moscas adultas.
- 50
- 55
- 60 En realizaciones seleccionadas, los insectos adultos pueden proporcionarse con una fuente de alimento, tal como un sustrato de azúcar sólido, por ejemplo, una forma de azúcar sólida granular o en polvo. Se ha descubierto de manera inesperada que esto resulta efectivo para aumentar la producción de huevos y longevidad de BSFs. El mismo sistema que se usa como un sistema de cámara de prepupas puede adaptarse para uso como un sistema de retención y entrega de alimento para insectos adultos, incluyendo una cámara de alimentación que se mueve a través de la cámara

de apareamiento a lo largo del soporte de cámara de prepupas. Por ejemplo, cada cámara 5ta de prepupas puede designarse como una cámara de alimentación. En realizaciones seleccionadas, se puede agregar arroz o un tipo de absorbente alternativo a la azúcar sólida en la cámara de alimentación para impedir la formación de costras. A medida que la cámara de alimentación atraviesa la longitud de la cámara 10 de apareamiento, por ejemplo, durante un período de 20-30 días, el azúcar se consume por moscas adultas. Un punto de acceso, tal como una abertura con cremallera en un flanco de malla puede insertarse en una o más posiciones a lo largo de la longitud de la cámara 10 de apareamiento, para reabastecer la cámara de alimentación con azúcar. A pesar de que se sugiere ampliamente que las moscas BSF adultas no consumen alimentos sólidos, se ha observado a los adultos consumiendo cantidades significativas, de acuerdo con aspectos de la presente invención, por ejemplo hasta 40 mg, de azúcar granular seca durante la vida de la mosca adulta. El azúcar sólida seca no actúa, de manera general, como un atrayente para las hembras que ponen huevos, ya que las hembras prefieren poner huevos cerca de sustratos húmedos. La cámara de alimentación puede abastecerse con fuentes de nutrición adicionales o alternativas, tales como proteínas, minerales, vitaminas o probióticos.

Una vez que los huevos se proporcionan mediante los sistemas de cámara de apareamiento, el proceso de eclosionar huevos y desarrollar larvas ocurre en el sistema de bioconversión. En realizaciones seleccionadas, este sistema de bioconversión consiste de bandejas apiladas, que pueden ser similares o diferentes en tamaño y material. Por ejemplo, las bandejas pueden consistir de una parte inferior, 4 flancos, y ser de al menos aproximadamente 5 pulgadas de profundidad. Las bandejas pueden almacenarse y usarse de manera indistinta para una serie de tareas separadas: incubación de larvas, crecimiento de larvas, o crecimiento de prepupas.

En un sistema de bioconversión de ejemplo, las pilas FILO (primero en entrar, último en salir) consisten de bandejas apiladas, que se retienen mediante soportes verticales con un espacio (por ejemplo de al menos alrededor de 5 pulgadas) entre bandejas, para permitir el intercambio de aire. Las pilas se posicionan próximas una con respecto a la otra con postes de soporte compartidos de manera tal que no existen pasillos entre pilas. Una grúa suspendida a partir del techo o que cruza las pilas FILO en los rieles se puede posicionar en posición y transportar bandejas individuales a una estación de alimentación (donde las bandejas en crecimiento se alimentan) o una estación de transferencia en la que estas se mueven hacia afuera del sistema de apilamiento en rodillos a una estación de operación. Grúas múltiples pueden usarse para mantener un sistema de unidad de bioconversión único (por ejemplo 1 grúa por hilera de pilas FILO). Una pila FILO única puede permanecer ventajosamente vacía, de manera tal que todas las bandejas pueden circular a través de la estación de alimentación.

Una vez que las bandejas alcanzan una estación de trabajo, estas se pueden mover de manera automática o manual en rodillos hacia otras estaciones de trabajo para mantenimiento (a saber, agregando/retirando sustrato de puesta de huevos o alimentación I o II de incubación). Una grúa adicional puede usarse para transportar la bandeja a una estación de cosecha. La estación de cosecha puede incluir una tolva que se posiciona por debajo de la grúa/bandeja. La grúa puede posicionarse para vaciar los contenidos mediante la rotación de sus accesorios en el eje longitudinal de la bandeja, de manera tal que la bandeja se da vuelta y se retiran todos los contenidos. De manera alternativa, la grúa puede configurar la bandeja en una unidad volquete que resulta físicamente independiente con respecto a la grúa. Los contenidos en la tolva pueden transportarse luego a una estación de separación mediante una cinta transportadora o sistema de aspiración.

En la estación de separación, las larvas y excrementos de larvas (digeridos secos y otro material) pueden separarse, por ejemplo, con el uso de un separador de aire zigzag y/o tamiz/selector. Las larvas y excrementos pueden procesarse luego por separado. Por ejemplo, los excrementos pueden secarse y tratarse con calor, las larvas pueden lavarse, cocinarse, secarse, enfriarse o desengrasarse.

Con el fin de maximizar el éxito de eclosión, el sustrato de puesta de huevos puede suspenderse por encima de una fuente de alimento para neonatos e incubarse en un ambiente húmedo (tal como >90% RH) y cálido (30-35C). Un ejemplo de una fuente de alimento para larvas recientemente eclosionadas (neonatos) consiste de una mezcla saturada de aproximadamente el 90% de granos de cerveza y el 10% de salvado de trigo. En realizaciones seleccionadas, se ha descubierto que la mezcla de granos de cerveza y salvado de trigo puede aumentar la tasa de crecimiento de las larvas en 3-4 veces en comparación con cada ingrediente por separado. Un conservante, tal como ácido sórbico al 0,3% o sorbato de potasio puede mezclarse con el alimento para neonatos para impedir el crecimiento de hongos durante los primeros 4 días de incubación (Incubación I).

Durante una segunda fase de incubación de neonatos (Incubación II), el sustrato de puesta de huevos se retira a partir de las bandejas y se proporciona una segunda alimentación. Para maximizar la producción y consistencia del crecimiento larvario, los parámetros de crecimiento larvario específicos pueden adoptarse en etapas secuenciales de la unidad de bioconversión, tal como, la medición del número de larvas por espacio de unidad (área superficial y volumen), ajustando la frecuencia de alimentación y manteniendo la cantidad de alimentación. Un número diana de larvas por espacio de unidad puede resultar óptimo en etapas de ciclo de vida alternativas (L3, L4, L5). En realizaciones selectas, a continuación de un período de incubación seleccionado, tal como de aproximadamente 8 días, uno o múltiples lotes de larvas (en bandejas de incubación) se transfieren a un dispositivo de mezcla (tal como un mezclador de cinta o mezclador de tambor). A medida que el dispositivo mezcla los contenidos, o inmediatamente después de la

mezcla, una submuestra de mezcla de larvas/alimento se extrae a partir de la mezcla de larvas/alimento. Una estimación del número de larvas se determina, por ejemplo, usando un mínimo de 3 submuestras (#de larvas = # de larvas en la mezcla de larvas:alimento/peso de mezcla de larvas:alimento x peso de mezcla total de larvas:alimento).

5 Una bandeja de crecimiento se coloca luego por debajo del dispositivo de mezcla en una celda de carga. Se agrega nuevo alimento a la bandeja de crecimiento. La cantidad apropiada de mezcla de larvas:alimento puede depositarse luego en la parte superior del nuevo alimento en la bandeja de crecimiento hasta que el peso/número de larvas diana se alcanza. Durante el crecimiento larvario en la unidad de bioconversión, cada bandeja puede alimentarse a diario o en días alternos.

10 En realizaciones seleccionadas, un sistema HVAC puede desplegarse alrededor de las pilas de la unidad de bioconversión. En este sistema, el aire de temperatura controlada se impulsa y se retira a través del sistema apilado para asistir a retirar el dióxido de carbono, amoníaco, H₂O y otros subproductos metabólicos.

15 A pesar de que diversas realizaciones de la invención se divulgan en la presente, muchas adaptaciones y modificaciones pueden realizarse dentro del alcance de las reivindicaciones de acuerdo con el conocimiento general común de aquellos expertos en esta técnica. Rangos numéricos incluyen los números que definen el rango. La palabra "comprendiendo" se usa en la presente como un término abierto, sustancialmente equivalente a la frase "incluyendo, pero sin limitación", y las palabras "que comprende" tienen un significado correspondiente. Según se usa en la presente, las formas singulares "un", "una" y "el" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. De este modo, por ejemplo, la referencia a "una cosa" incluye más de una de tal cosa. La
20 citación de referencias en la presente no consiste en una admisión de que tales referencias constituyen técnica anterior de la presente invención. La invención incluye todas las realizaciones y variaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones, que se describen anteriormente de manera sustancial y con referencia a los ejemplos y dibujos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema continuo para cultivar insectos dípteros, que comprende:

5 una cámara de apareamiento y una unidad de bioconversión, en el que la cámara de apareamiento se adapta para alojar insectos adultos machos y hembras que se aparean para producir huevos de insecto, que se transfieren a partir de la cámara de apareamiento a la unidad de bioconversión para cría, y la unidad de bioconversión se adapta para criar larvas de insectos para producir larvas maduras que se transfieren a la cámara de apareamiento para eclosionar para producir insectos adultos; comprendiendo la cámara de apareamiento:

10 un recinto para contener los insectos adultos, que se adapta para permitir la circulación de aire hacia adentro y hacia afuera del recinto y para admitir iluminación exterior hacia adentro del recinto, teniendo el recinto un puerto de entrada y un puerto de salida para una cámara de oviposición, y un puerto de entrada y un puerto de salida para una cámara de prepupas;

15 un soporte de cámara de oviposición que se aloja dentro del recinto, que se adapta para transportar un sustrato de puesta de huevos en la cámara de oviposición a partir del puerto de entrada de cámara de oviposición al puerto de salida de cámara de oviposición; un soporte de cámara de prepupas que se aloja dentro del recinto, que se adapta para transportar la cámara de prepupas a partir del puerto de entrada de cámara de prepupas al puerto de salida de cámara de prepupas;

20 un sistema de recolección de mortalidad que se dispone a lo largo de la base de la cámara de apareamiento, que se adapta para transportar insectos muertos hacia afuera de la cámara de apareamiento a través de un puerto de salida de mortalidad en el recinto; y,

un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de oviposición a través del recinto a lo largo del soporte de cámara de oviposición durante un período de oviposicionamiento medido;

25 un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de prepupas a través del recinto protegido a lo largo del soporte de cámara de prepupas durante un período de maduración de prepupas medido, en el que el período de maduración de prepupas es mayor que el período de oviposicionamiento;

comprendiendo la unidad de bioconversión:

una pluralidad de compartimentos larvarios segregados, que se adaptan cada uno de ellos para alojar larvas de insectos y medios de crecimiento; y,

30 un mecanismo para alimentación de manera secuencial de medios de crecimiento medidos a las larvas en un compartimento larvario seleccionado;

35 en el que los huevos que se producen en la cámara de apareamiento en el sustrato de puesta de huevos pueden sembrarse en un compartimento larvario de neonatos de la unidad de bioconversión mediante transferencia del sustrato de puesta de huevos al compartimento larvario de neonatos y provisión de una fuente de alimento para neonatos en el compartimento larvario de neonatos que resulta accesible para larvas de insectos neonatos, en el que una recolección de huevos aproximada se siembra en el compartimento de neonatos, a la que se permite que eclosionen y migre lejos del sustrato de puesta de huevos, para madurar en la fuente de alimento para neonatos para producir larvas de neonatos maduras, dejando sustratos de puesta de huevos estériles;

40 en el que los sustratos de puesta de huevos estériles se separan de manera secuencial a partir de larvas de neonatos maduras y compartimentos larvarios de neonatos, y se regresan a cámaras de oviposición en la cámara de apareamiento, y larvas de neonatos maduras se alimentan luego, de manera secuencial, con medios de crecimiento medidos en compartimentos larvarios de la unidad de bioconversión, para producir larvas maduras, y poblaciones medidas de larvas maduras se transfieren luego de manera secuencial a las cámaras de prepupas en la cámara de apareamiento para eclosionar para producir los insectos adultos.

45 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la cámara de apareamiento y unidad de bioconversión se alojan en un recinto de ambiente controlado.

3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el recinto de ambiente controlado admite luz solar, y la cámara de apareamiento se posiciona dentro del recinto de ambiente controlado de manera tal que la luz solar alcanza a los insectos adultos dentro de la cámara de apareamiento y/o en el que el sistema comprende, además, una fuente de luz que se posiciona para iluminar el recinto.

4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las larvas maduras se separan y se cosechan a partir de la unidad de bioconversión para producir un alimento, y, de manera opcional, en el que el alimento comprende fracciones de alimento por separado que tienen distintos componentes proteínicos y lipídicos.
- 5 5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el excremento que se produce por larvas en maduración en la unidad de bioconversión se separa y se cosecha a partir de la unidad de bioconversión.
6. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la unidad de bioconversión comprende, además, un sistema primero en entrar, último en salir, de bandejas apiladas que se mantienen mediante soportes verticales con un espacio entre bandejas, para permitir el intercambio de aire.
- 10 7. El sistema de la reivindicación 6, en el que la unidad de bioconversión comprende, además, una o más grúas suspendidas a partir del techo o que cruzan las pilas primero en entrar, último en salir en rieles que se pueden posicionar en posición y transportar bandejas individuales a una estación de alimentación o una estación de transferencia en la que estas se mueven hacia afuera del sistema de apilamiento en rodillos a una estación de operación.
- 15 8. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la cámara de apareamiento comprende un mecanismo de alimentación para introducir alimento de mosca adulta en la cámara, y, de manera opcional, en el que el mecanismo de alimentación comprende recipientes de alimento que se adaptan para desplazarse a lo largo del soporte de cámara de oviposición o del soporte de cámara de prepupas.
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el alimento de mosca adulta comprende azúcar sólida.
- 20 10. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende, además, una fuente de luz que se posiciona para iluminar el recinto, en el que las cámaras de prepupas se posicionan entre la fuente de luz y las cámaras de oviposicionamiento en la cámara de apareamiento, de manera tal que las cámaras de prepupas protegen a las cámaras de oviposicionamiento de la fuente de luz.
- 25 11. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la fuente de alimento para neonatos comprende una combinación de granos de cerveza y salvado de trigo, y, de manera opcional, en el que la fuente de alimento para neonatos comprende a partir del 80% al 95% de granos de cerveza y a partir del 5% al 20% de salvado de trigo.
12. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los insectos dípteros comprenden *Hermetia illucens*.
- 30 13. Una cámara de apareamiento para cultivar insectos dípteros, que comprende:
- un recinto para contener insectos adultos, que se adapta para permitir la circulación de aire hacia adentro y hacia afuera del recinto y para admitir iluminación exterior hacia adentro del recinto, teniendo el recinto un puerto de entrada y un puerto de salida para una cámara de oviposición, y un puerto de entrada y un puerto de salida para una cámara de prepupas;
- 35 un soporte de cámara de oviposición que se aloja dentro del recinto, que se adapta para transportar un sustrato de puesta de huevos en la cámara de oviposición a partir del puerto de entrada de cámara de oviposición al puerto de salida de cámara de oviposición;
- un soporte de cámara de prepupas que se aloja dentro del recinto, que se adapta para transportar la cámara de prepupas a partir del puerto de entrada de cámara de prepupas al puerto de salida de cámara de prepupas;
- 40 un sistema de recolección de mortalidad que se dispone a lo largo de la base de la cámara de apareamiento, que se adapta para transportar insectos muertos hacia afuera de la cámara de apareamiento a través de un puerto de salida de mortalidad en el recinto; y,
- un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de oviposición a través del recinto a lo largo del soporte de cámara de oviposición durante un período de oviposicionamiento medido;
- 45 un mecanismo para pasaje de manera secuencial de cámaras de prepupas a través del recinto protegido a lo largo del soporte de cámara de prepupas durante un período de maduración de prepupas medido, en el que el período de maduración de prepupas es mayor que el período de oviposicionamiento.

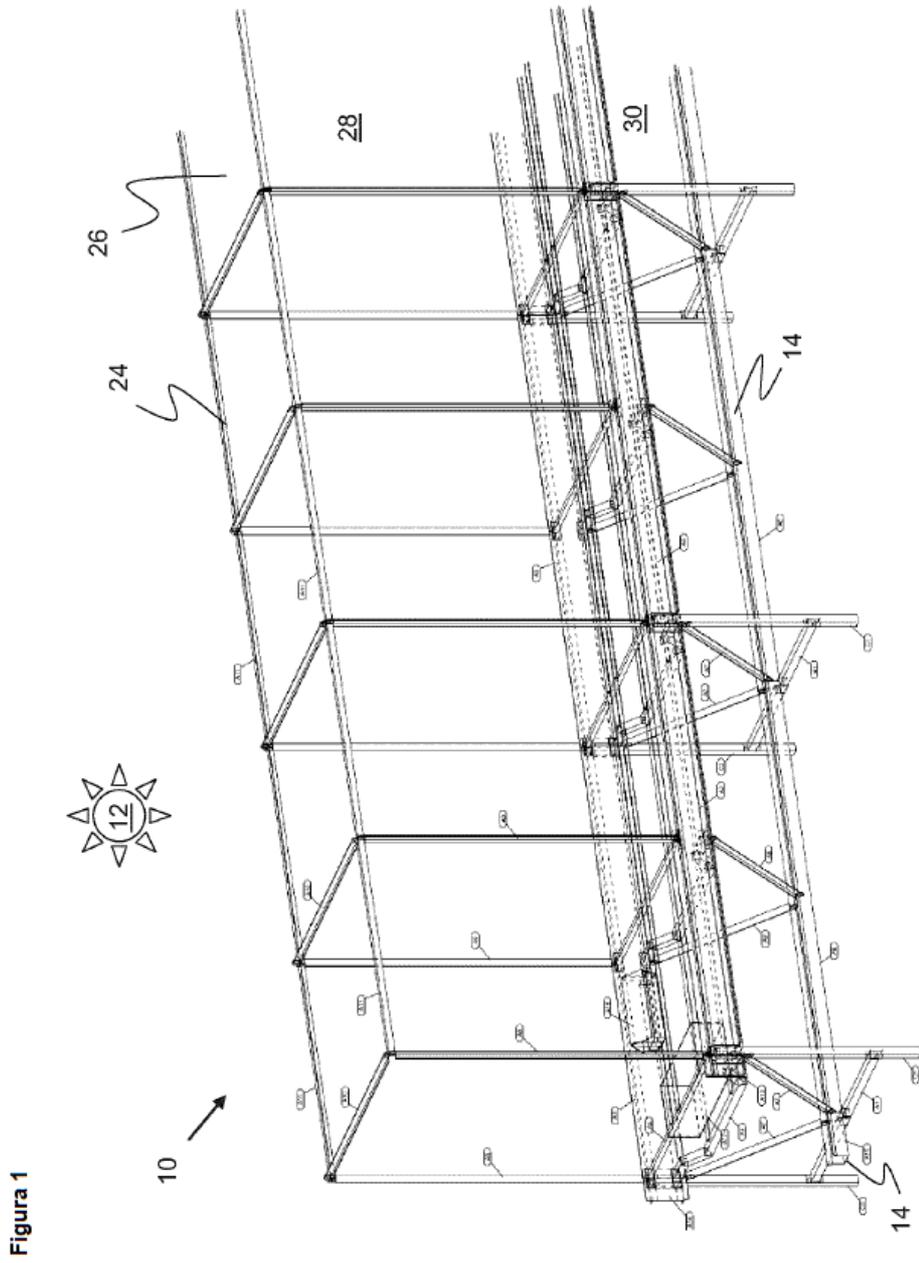


Figura 2

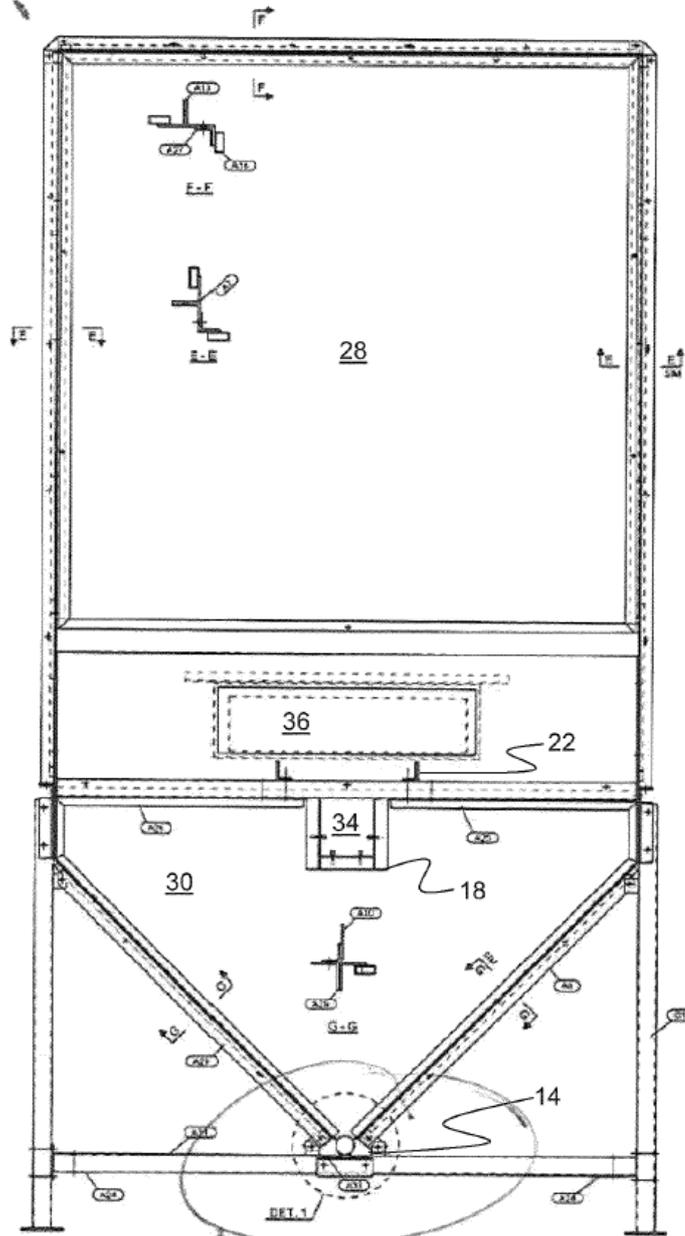


Figura 3

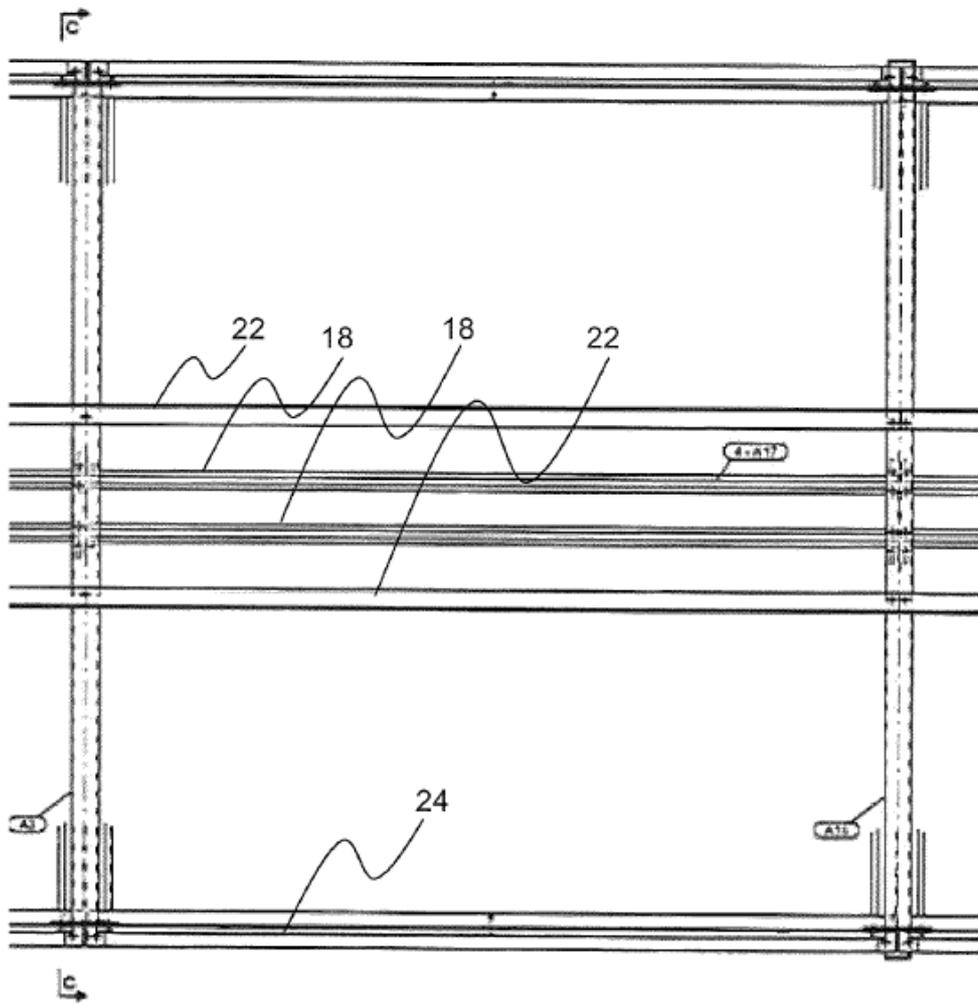


Figura 4

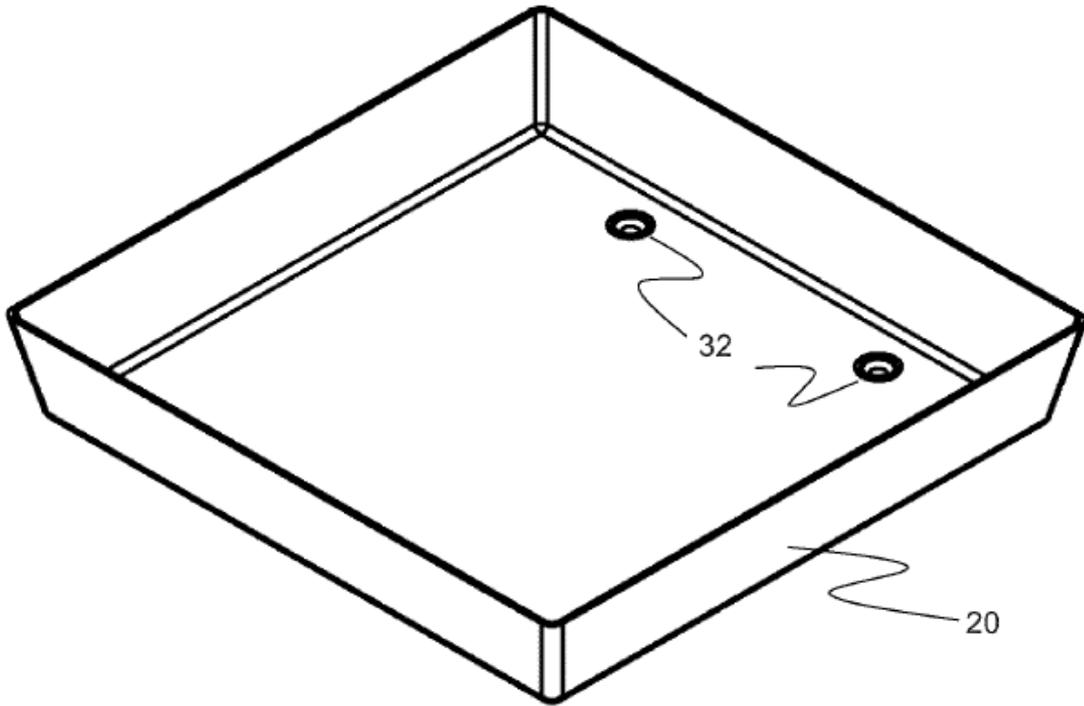


Figura 5

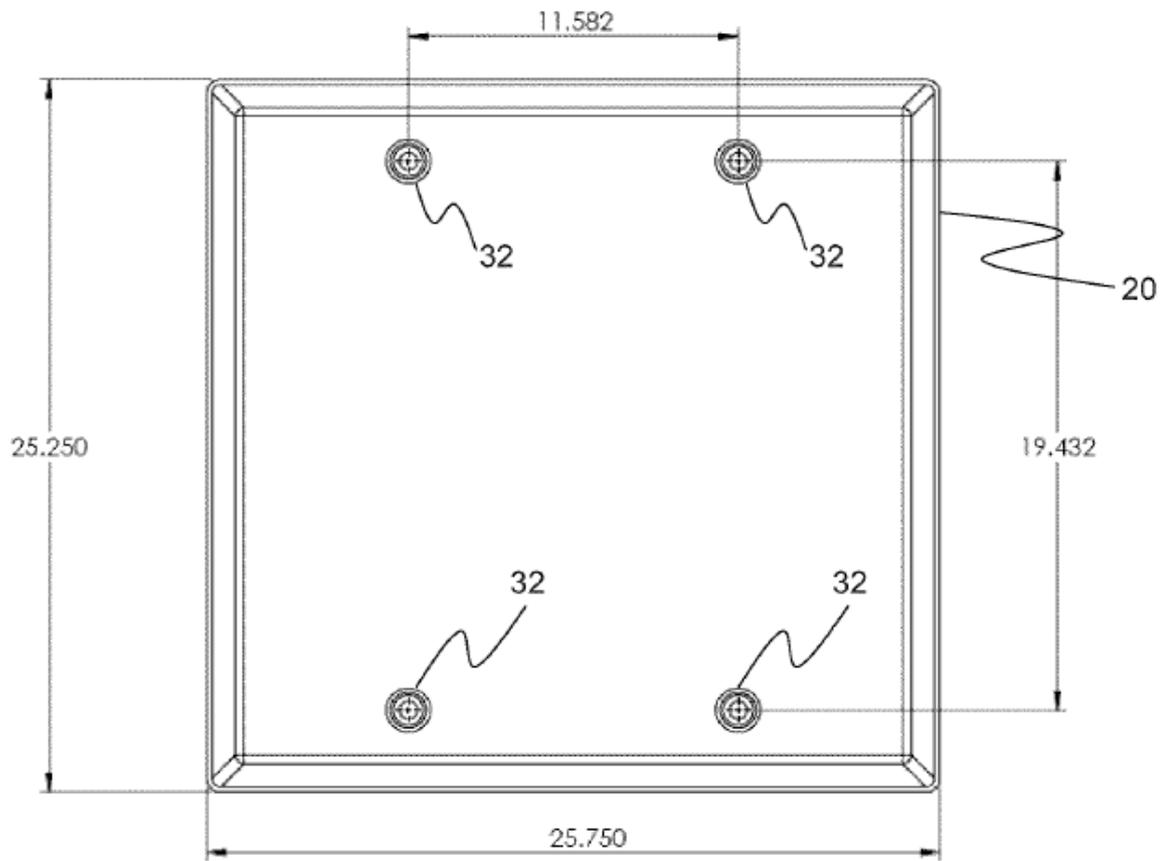


Figura 6

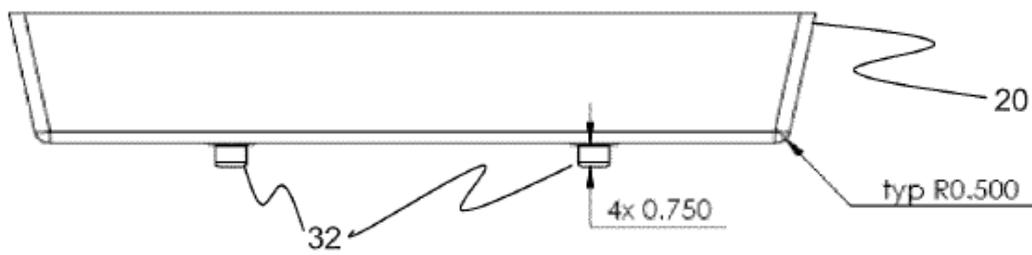


Figura 7

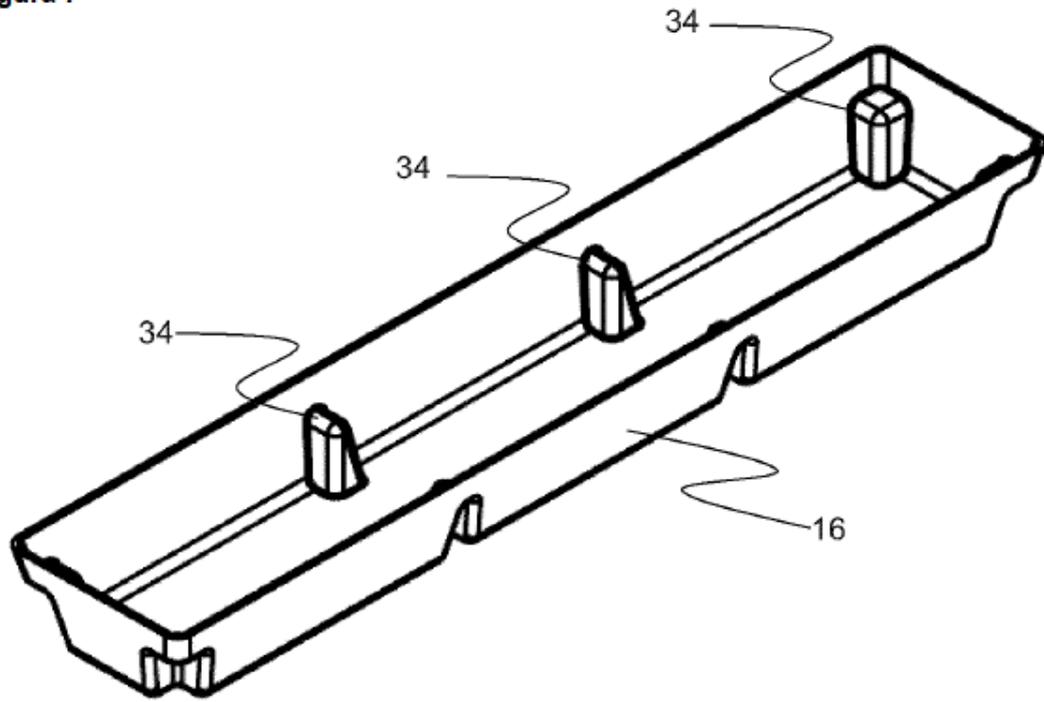


Figura 8

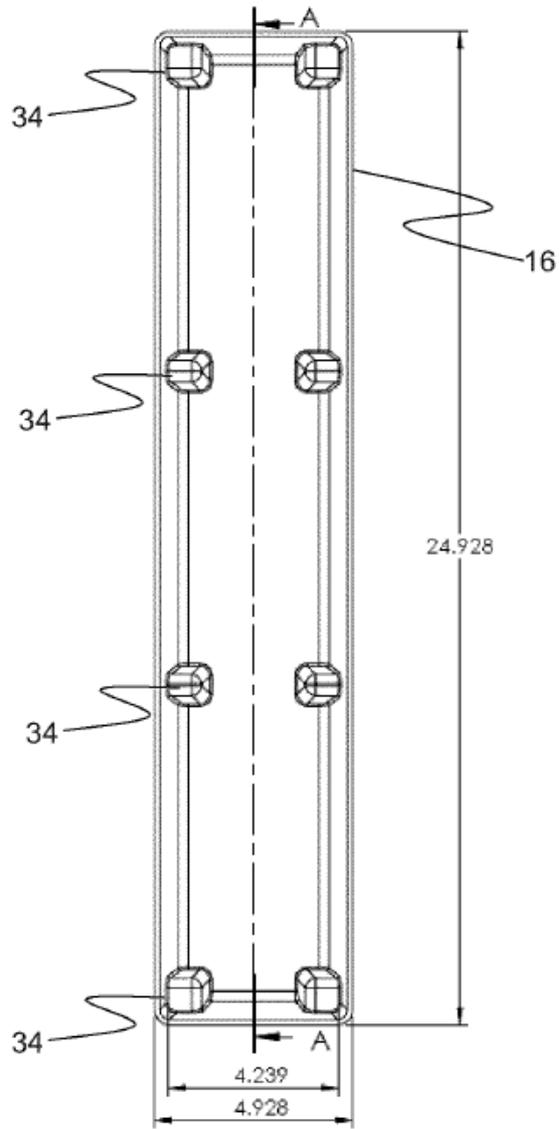


Figura 9

