

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 596**

51 Int. Cl.:

A01K 67/033 (2006.01)

C12M 1/42 (2006.01)

C12M 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2013 PCT/CA2013/000457**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO13166590**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2013 E 13787121 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2846632**

54 Título: **Sistemas de confinamiento para proporcionar un hábitat reproductivo para la hermetia illucens**

30 Prioridad:

07.05.2012 US 201261643728 P

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

14.12.2017

73 Titular/es:

**ENTERRA FEED CORPORATION (100.0%)
134-887 Great Northern Way
Vancouver, British Columbia V5T 4T5, CA**

72 Inventor/es:

**ALDANA, JUAN;
QUAN, EDNA;
VICKERSON, ANDREW;
MARCHANT, BRAD;
KAULFUSS, OLIVER y
RADLEY, REED**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 646 596 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

Sistemas de confinamiento para proporcionar un hábitat reproductivo para la *hermetia illucens*

Campo de la invención

5 La invención se refiere a aparatos y métodos para el cultivo de insectos dípteros, especialmente la *Hermetia illucens* (denominada habitualmente mosca soldado negra). En particular, la invención incluye aparatos y métodos para producir huevos de mosca soldado negra.

Solicitudes correspondientes

La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente de Estados Unidos n.º 61/643.728 presentada el 7 de mayo de 2012.

10 Antecedentes de la invención

15 Las larvas de la mosca soldado negra (BSF; *Hermetia illucens*; como se utiliza en el presente documento, BSF significa moscas soldado negras) son muy adecuadas para convertir productos de desecho orgánicos, tales como frutas y materia vegetal (incluyendo pulpa de café), carne y pescado, pan y cereales, y estiércol, en productos valiosos para el mercado, tales como pienso para ganado (terrestre o acuático) o ingredientes de pienso, pienso para mascotas, productos alimentarios para consumo humano y suplementos para el crecimiento de las plantas. Las ventajas de las BSF son las siguientes: (i) las BSF son originarias de América y actualmente se encuentran en muchas partes del mundo; (ii) las larvas de BSF crecen en una amplia diversidad de productos de desecho orgánicos; (iii) las larvas de BSF y las prepupas tienen un alto contenido de proteínas y ácidos grasos y se auto-recolectan; (iv) las BSF adultas no necesitan alimentos y, por lo tanto, no se conocen como un vector de enfermedad; (v) las larvas de BSF demuestran cualidades antipatogénicas (Erickson, *et al.* 2004; Liu, *et al.* 2008); y (vi) las larvas de BSF producen colonias estables debido a que disuaden la colonización de otras especies de insectos (Bradley y Sheppard, 1984) y pueden sobrevivir en una diversidad de condiciones ambientales.

25 Como miembro de la familia de las *Stratiomyidae*, la BSF pasa a través de una metamorfosis completa durante su ciclo vital. Esto incluye las etapas del ciclo vital de huevo, larva, pupa y adulto. Las larvas eclosionarán a partir de la etapa de huevo después de 48-72 horas y pasarán a través de cinco estadios (etapas larvales) antes de alcanzar la etapa de pupa. Del primer estadio (L1) pasará al segundo estadio (L2) en 4-5 días y, en general, alcanza la etapa de pupa en otros 12-30 días y, por ejemplo, en 12-18 días, dependiendo de la temperatura, humedad, tipo de alimentación, cantidad de alimentación, frecuencia de alimentación, mezcla de ingredientes alimentarios, humedad de los alimentos, dieta inicial, dieta final y consistencia de los alimentos. Entre el quinto estadio (L5) y la etapa de pupa está la fase de prepupa, donde las larvas de BSF buscan un entorno más seco, por ejemplo, un entorno que esté menos saturado o que tenga menos del 100 % de humedad, para completar la etapa de metamorfosis de su ciclo vital. En consecuencia, las prepupas se alejarán de sus zonas de alimentación "juveniles", es decir, los desechos orgánicos. Este comportamiento de dispersión se traduce en un mecanismo de "auto-recolección" que permite una conveniente recogida de prepupas. La auto-recolección se facilita además por el hecho de que las larvas de BSF son negativamente fototácticas y, por lo tanto, puede usarse la luz para estimular su migración en las direcciones deseadas según la demanda del usuario. La etapa de pupa dura, en general, 9-20 días y, por ejemplo, 7-10 días dependiendo de factores tales como, por ejemplo, el movimiento, la proximidad a otras pupas en movimiento, el nivel de luz, la temperatura y la humedad, tras lo cual nacerá la mosca adulta. Las BSF macho y las BSF hembra preñadas adultas pondrán huevos (es decir, "ovipositarán") para la próxima generación. El ciclo vital de una BSF adulta es, en general, de 6-15 días y, por ejemplo, de 7-10 días, dependiendo de la humedad (por ejemplo, 50-90 %) y/o la temperatura (por ejemplo, 22-35 °C) y la energía almacenada, tal como las cantidades y los perfiles de proteínas y grasas. El cronograma para el ciclo vital mencionado anteriormente es aproximado y depende de las condiciones ambientales y el suministro de alimentos. Por ejemplo, se ha informado de que un suministro limitado de alimentos puede prolongar el período larvario a 4 meses (Furman *et al.*, 1959).

45 En condiciones apropiadas, las BSF hembra preñadas adultas ovipositarán huevos aproximadamente 24-72 horas después del apareamiento. Los huevos se ovipositan, en general, en espacios ajustados y estrechos, tales como bloques de cartón con acanaladuras orientadas en cualquier dirección. Habitualmente, se atrae a las hembras a los sitios de oviposición con olores acres, ya que esto normalmente indica una fuente de alimento potencial para la prole de BSF. Se requieren condiciones ambientales específicas para inducir comportamientos de apareamiento en las BSF adultas, incluyendo intervalos específicos 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 el 90 %, y, por ejemplo, la BSF sobrevivirá y se apareará a una temperatura del aire ambiente de aproximadamente 25 °C-30 °C con una humedad relativa de aproximadamente el 60-80 %. Se ha informado de que una colonia de BSF puede mantenerse a 22 °C (Tomberlin y Sheppard, 2002) y que el límite superior para el desarrollo óptimo de la BSF está entre 30-36 °C (Tomberlin *et al.*, 2009). Un estudio que midió el apareamiento y la oviposición de BSF informó que el 80 % de los

nidos de huevos se depositaron cuando la humedad superaba el 60 % (Tomberlin y Sheppard, 2002).

Se ha informado de que la luz solar directa fomenta el apareamiento (pero no la oviposición) en las BSF (Tomberlin y Sheppard, 2002). En consecuencia, el apareamiento de BSF está limitado por las condiciones climáticas y la época del año para las regiones no tropicales. Se han probado varias luces artificiales en lugar de la luz solar. Se ha informado de que tanto la Sylvania Gro Lux® de 40 W (Orson Sylvania Inc., Danvers, MA) como el Pro Ultralight Light System® de 430 W (Hydrofarm Inc. Petaluma, CA) no inducían con éxito el comportamiento de apareamiento (Tomberlin y Sheppard, 2002). De manera similar, se ha informado de que una luz de tierras raras de 450 W (intensidad de luz medida de $160 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 50 cm por debajo de la bombilla) (Engineering University Infrared Technology Research Institute, Harbin, Heilung-Kiang China) fallaba para estimular el apareamiento (Zhang *et al.*, 2010). Hasta la fecha, la única fuente de luz artificial que se ha informado que estimula el apareamiento en BSF es una lámpara de cuarzo-yodo de 500 W (intensidad de luz medida de $160 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 50 cm por debajo de la bombilla), que produjo un 61,9 % de éxito de apareamiento en comparación con la luz solar natural (Zhang *et al.*, 2010).

Además, los sistemas tradicionales de cría de BSF consisten en jaulas o invernaderos que requieren que los trabajadores entren o accedan al interior de la jaula con BSF adultas para añadir nuevas prepupas a una cámara de pupación, para recoger los huevos depositados sobre bloques de cartón, y para recoger los cadáveres mediante barrido o aspirado. Requerir que los trabajadores humanos entren y salgan de la jaula es perjudicial porque permite que las moscas escapen, interrumpe el comportamiento de apareamiento, estresa potencialmente a las moscas al estimular las reacciones de vuelo e, inadvertidamente, conduce a la recogida de moscas vivas como si fueran cadáveres.

Zhang, J. et al. (Zhang, J. et al., Journal of Insect Science, 2010, volumen 10, artículo 202-1) se refiere a un método para estimular el apareamiento y la puesta de huevos de las BSF colocando las BSF en una jaula y exponiéndolas a la luz generada por una lámpara de cuarzo-yodo de 500 vatios.

"Black Soldier Fly Forum: Breeding BSF in captivity, Reply #22 "Re:not easy" by earthtiger", Biopod: the future of food waste diversion and recycling, 26 de noviembre de 2011, <http://thebiopod.com/forum/index.php?topic=175>, <http://thebiopod.com/forum/index.php?topic=175> se refiere a un método para criar moscas soldado negras en interiores mediante el uso de una luz CDM-T de 35 vatios o una lámpara Dulux-L.

El documento CN 201 185 612 Y se refiere a un dispositivo adecuado para criar BSF que incluye una lámpara halógena.

Sumario

Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para inducir a las moscas soldado negras (BSF) a aparearse. El método implica exponer al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra a la luz artificial. La luz artificial incluye al menos una longitud de onda en un espectro visible y al menos una longitud de onda en un espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W. El método detallado en el presente documento puede incluir una luz artificial que tiene una intensidad de luz visible y UV que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y menor que $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. Diversas realizaciones de la invención proporcionan un aparato para inducir a las BSF a aparearse. El aparato incluye una cámara de apareamiento para recibir al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra. El aparato incluye además al menos una fuente de luz artificial, en el que la al menos una fuente de luz artificial está configurada para iluminar la cámara con al menos una longitud de onda en el espectro visible y al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W. La fuente de luz artificial puede configurarse para emitir luz con una intensidad de luz visible que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. El aparato puede incluir además al menos una pared de cámara de apareamiento que define la cámara de apareamiento, en el que la al menos una pared de cámara de apareamiento define además una abertura de cámara de apareamiento para admitir las BSF en la cámara de apareamiento. El aparato puede incluir además una cámara de oviposición en comunicación con la cámara de apareamiento. La cámara de oviposición puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento. La cámara de oviposición puede definirse por al menos una pared de cámara de oviposición, en la que la al menos una pared de cámara de oviposición define además una abertura de cámara de oviposición para recibir BSF preñadas en la cámara de oviposición. La cámara de oviposición puede incluir una pantalla de oviposición para proteger a las BSF preñadas de la al menos una fuente de luz artificial, y un colector para recoger los huevos de BSF ovipositados por las BSF preñadas. La fuente de luz artificial puede configurarse para proporcionar luz visible con una intensidad de luz visible que es menor que aproximadamente $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y luz ultravioleta con una intensidad de luz ultravioleta que es menor que aproximadamente $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. El colector puede incluir una pluralidad de acanaladuras o tubos sustancialmente verticales. La cámara de oviposición puede incluir además un atrayente para atraer BSF preñadas. La cámara de oviposición puede incluir además un cajón

superior y un cajón inferior, en la que tanto el cajón superior como el cajón inferior están configurados para abrirse hacia el exterior de la cámara de apareamiento, y en la que el colector está situado en el cajón superior y el atrayente está situado en el cajón inferior.

5 Los aparatos descritos anteriormente pueden incluir, además, una cámara de pupación en comunicación con la cámara de apareamiento a través de la abertura de cámara de apareamiento. La cámara de pupación puede incluir una pantalla de cámara de pupación para proteger a las pupas de la fuente de luz artificial. La cámara de pupación puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento e incluir una abertura para permitir que las BSF nacidas salgan de la cámara de pupación hacia la cámara de apareamiento. Como alternativa, la comunicación entre la cámara de pupación y la cámara de apareamiento puede proporcionarse mediante un conducto. Los aparatos pueden incluir además un soplador en comunicación con el conducto para soplar las BSF en el conducto hacia la cámara de apareamiento. El conducto puede incluir una válvula de retención a través de la que las BSF deben pasar con el fin de acceder a la cámara de apareamiento. La válvula de retención puede abrirse en respuesta a la presión, o una fuerza, generada por el soplador. Los aparatos pueden incluir además una fuente de luz de conducto configurada para iluminar una parte del conducto para atraer la migración de BSF desde la cámara de pupación al conducto. El conducto puede incluir un pasaje o paso unidireccional, por ejemplo un embudo, a través del que deben pasar las BSF para acceder a la cámara de apareamiento, en el que el embudo se ahúsa hacia la cámara de apareamiento.

Diversas realizaciones de la invención proporcionan kits para construir los aparatos descritos anteriormente.

20 Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para convertir material de desecho orgánico. El método incluye aislar los huevos de BSF usando el aparato descrito anteriormente, distribuir los huevos de BSF en un entorno que contenga material de desecho orgánico, y mantener los huevos de BSF en el entorno hasta que los huevos de BSF eclosionen para convertirse en larvas de BSF capaces de convertir material de desecho orgánico. Los huevos de BSF pueden mantenerse en un digestor que contenga material de desecho orgánico.

25 Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método de aislamiento de huevos de BSF. El método incluye las siguientes etapas: a) proporcionar al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra a una cámara de apareamiento; b) iluminar la cámara de apareamiento con luz artificial que comprende al menos una longitud de onda en un espectro visible y al menos una longitud de onda en un espectro ultravioleta para inducir a la al menos una BSF macho y la al menos una BSF hembra a aparearse, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W; c) atraer BSF preñadas a una cámara de oviposición en comunicación con la cámara de apareamiento, en el que la cámara de oviposición está configurada para recibir huevos de las BSF preñadas; d) proteger a las BSF preñadas en la cámara de oviposición para inducir a las BSF preñadas a ovipositar huevos; y e) recoger los huevos ovipositados por las BSF preñadas. La al menos una luz artificial puede incluir una luz visible que tiene una intensidad de luz visible que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y una luz ultravioleta que tiene una intensidad de luz ultravioleta que es menor que $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. La etapa a) puede incluir además proporcionar al menos una pupa de BSF macho y al menos una pupa de BSF hembra en una cámara de pupación en comunicación con la cámara de apareamiento y proteger la al menos una pupa de BSF macho y la al menos una pupa de BSF hembra de la fuente de luz artificial. El método puede incluir además la retirada de la al menos una BSF macho y la al menos una BSF hembra de la cámara de apareamiento una vez que la al menos una BSF macho y la al menos una BSF hembra hayan muerto, en el que las BSF vivas no se retiran de la cámara de apareamiento, que puede incluir abrir una abertura sellable en la cámara de apareamiento. La recogida de huevos ovipositados por las BSF preñadas puede incluir la recogida de huevos en una pluralidad de acanaladuras o tubos sustancialmente verticales colocados en la cámara de oviposición. La atracción de BSF preñadas a la cámara de oviposición puede incluir el suministro de un atrayente para atraer a las BSF hembra preñadas. El atrayente puede ser una mezcla saturada de aproximadamente 1:1 de la dieta de Gainesville y compost de BSF.

50 Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para la conversión de material de desecho orgánico. El método incluye aislar los huevos de BSF de acuerdo con el método descrito anteriormente, distribuir los huevos de BSF aislados en un entorno que contenga material de desecho orgánico, y mantener los huevos de BSF en el entorno hasta que los huevos de BSF eclosionen para convertirse en larvas de BSF capaces de convertir material de desecho orgánico. Los huevos de BSF pueden mantenerse en un digestor que contenga material de desecho orgánico.

55 Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para aislar huevos de BSF. El método implica introducir al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra en una cámara de apareamiento. El método implica además inducir a la al menos una BSF macho y a la al menos una BSF hembra a aparearse iluminando el interior de la cámara de apareamiento con una luz artificial que tiene al menos una longitud de onda en un espectro visible y al menos una longitud de onda en un espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W. El método implica además

proporcionar una cámara de oviposición que está conectada a la cámara de apareamiento. La cámara de oviposición está adaptada para que los huevos de BSF se ovipositen por al menos una BSF hembra preñada. La cámara de oviposición incluye un pasaje para que la al menos una BSF hembra preñada se desplace desde el interior de la cámara de apareamiento a la cámara de oviposición. La cámara de oviposición incluye además una pantalla colocada para proteger a las BSF hembra que ovipositan de la luz artificial. La cámara de oviposición incluye además un colector para recibir los huevos de las BSF hembra preñadas. El método detallado en el presente documento implica además recoger los huevos de BSF.

El método puede incluir una luz artificial que tiene una intensidad de luz visible y UV que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y menor que $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. El método puede implicar la introducción de al menos una pupa de BSF macho y al menos una pupa de BSF hembra en una cámara de pupación. La cámara de pupación puede incluir un segundo pasaje que conecta la cámara de pupación al interior de la cámara de apareamiento. La cámara de pupación puede incluir una abertura para introducir la al menos una pupa de BSF macho y la al menos una pupa de BSF hembra en la cámara de pupación. La cámara de pupación puede incluir una segunda pantalla para proteger la al menos una pupa de BSF macho y la al menos una pupa de BSF hembra de la fuente de luz artificial. Además, el procedimiento puede implicar la retirada de la al menos una BSF macho y la al menos una BSF hembra de la cámara de apareamiento una vez que la al menos una BSF macho y la al menos una BSF hembra hayan muerto, en el que las BSF vivas no se retiran de la cámara de apareamiento. Además, el método puede implicar la recogida de los huevos de BSF usando una abertura sellable en la cámara de apareamiento. Opcionalmente, el colector incluye una pluralidad de acanaladuras o tubos sustancialmente verticales. Además, y opcionalmente, la cámara de oviposición incluye un atrayente para atraer BSF hembra preñadas.

El método puede incluir además un colector que está situado en un cajón superior que proporciona acceso desde el exterior al interior de la cámara de apareamiento. Opcionalmente, el atrayente está situado en un cajón inferior que proporciona acceso desde el exterior al interior de la cámara de apareamiento. Además, el procedimiento puede implicar la apertura del cajón superior y la retirada del colector. Opcionalmente, el atrayente es aproximadamente una mezcla saturada de 1: 1 de la dieta de Gainesville y compost de BSF.

Diversas realizaciones de la invención proporcionan un aparato para aislar huevos de BSF. El aparato incluye una cámara de apareamiento que tiene una abertura para introducir al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra en la cámara de apareamiento. El aparato incluye además al menos una fuente de luz artificial configurada para iluminar el interior de la cámara de apareamiento con al menos una longitud de onda en un espectro visible y al menos una longitud de onda en un espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W. El aparato incluye además una cámara de oviposición que tiene acceso al interior de la cámara de apareamiento. El aparato incluye además una pantalla para proteger a las BSF que ovipositan de la al menos una fuente de luz artificial. Además, el aparato incluye un colector para recibir los huevos de BSF de las BSF hembra preñadas. El aparato detallado en el presente documento puede incluir una fuente de luz artificial que proporciona una intensidad de luz visible y UV que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y menor que $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. El aparato detallado en el presente documento puede incluir una cámara de pupación que tiene un interior que está conectado a la abertura y una segunda pantalla para proteger a las pupas de BSF en la cámara de pupación de la al menos una fuente de luz artificial. Además, el aparato puede incluir un medio para retirar las BSF muertas de la cámara de apareamiento. El medio para retirar las BSF muertas de la cámara de apareamiento puede incluir una superficie interior de la cámara de apareamiento que se ahúsa hasta una abertura sellable en un lado inferior de la cámara de apareamiento. Además, el colector puede incluir una pluralidad de acanaladuras o tubos sustancialmente verticales. Además, la cámara de oviposición puede incluir un atrayente para atraer BSF hembra preñadas. Además, el aparato puede incluir un cajón superior y un cajón inferior, proporcionando cada uno de los mismos acceso desde el exterior al interior de la cámara de apareamiento, en el que el colector está situado en el cajón superior y el atrayente está situado en el cajón inferior.

Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para convertir material de desecho orgánico. El método implica aislar los huevos de BSF de acuerdo con los métodos detallados en el presente documento. El método implica además distribuir los huevos de BSF en un entorno que contenga material de desecho orgánico. El método implica además mantener los huevos de BSF en el entorno hasta que los huevos de BSF eclosionen para convertirse en larvas de BSF capaces de convertir material de desecho orgánico.

Diversas realizaciones de la invención proporcionan un método para convertir material de desecho orgánico. El método implica aislar los huevos de BSF usando el aparato detallado en el presente documento; distribuir los huevos de BSF en un entorno que contenga material de desecho orgánico; y mantener los huevos de BSF en el entorno hasta que los huevos de BSF eclosionen para convertirse en larvas de BSF capaces de convertir material de desecho orgánico. Los métodos detallados en el presente documento pueden implicar mantener los huevos de BSF en un digestor que contiene material de desecho orgánico.

Breve descripción de los dibujos

La **figura 1** es una vista en perspectiva de un aparato para producir huevos de mosca soldado negra de acuerdo con una primera realización de la invención.

5 La **figura 2** es una vista en perspectiva de un aparato para producir huevos de mosca soldado negra de acuerdo con una segunda realización de la invención en la que puede accederse a la cámara de oviposición desde el exterior del aparato usando un sistema de cajones.

La **figura 3A** es una vista en perspectiva de una cámara de pupación que utiliza un sistema de cajones para su uso con diversas realizaciones de la invención.

10 La **figura 3B** es una vista en perspectiva de una cámara de pupación que utiliza un sistema de cajones para su uso con diversas realizaciones de la invención.

La **figura 4A** es una vista en perspectiva de una cámara de pupación que utiliza un soplador para soplar las moscas soldado negras nacidas hacia la cámara de apareamiento.

La **figura 4B** es una vista desde arriba de la cámara de pupación ilustrada en la figura 4A.

15 La **figura 5** es una vista en perspectiva de una conexión entre una cámara de pupación y una cámara de apareamiento que incluye una trampa de embudo para evitar el retroceso de las moscas soldado negras desde la cámara de apareamiento.

La **figura 6** es una vista en sección transversal de la conexión ilustrada en la figura 5.

20 La **figura 7** es una vista en perspectiva de una conexión entre una cámara de pupación y una cámara de apareamiento que incluye una ranura ahusada con bordes de extremo desplazados para evitar el retroceso de las moscas soldado negras desde la cámara de apareamiento.

La **figura 8** es una vista en sección transversal de la conexión ilustrada en la figura 7.

25 La **figura 9** es una vista desde arriba en sección transversal de una realización de la invención en la que la cámara de pupación está colocada dentro de la cámara de apareamiento y comprende un sistema de cajones mediante el cual pueden introducirse pupas y prepupas en la cámara de pupación desde el exterior de la cámara de apareamiento.

Descripción detallada

30 Diversas realizaciones de la invención proporcionan un aparato y unos métodos para producir y aislar huevos de BSF en un entorno autónomo, incluyendo la inducción de apareamiento y el aislamiento y la recogida adecuados de huevos con una interrupción mínima de los comportamientos de la mosca. Las siguientes realizaciones a modo de ejemplo se proporcionan con fines ilustrativos, y no se pretende que sean limitantes.

35 Haciendo referencia a la figura 1, un aparato para producir y aislar huevos de BSF de acuerdo con una primera realización de la invención se muestra, en general, en **90**. El aparato incluye una cámara de apareamiento **100**, una fuente de luz artificial **110**, y una cámara de oviposición **120** en comunicación con la cámara de apareamiento. Las características opcionales incluyen una cámara de pupación **130** y una cámara de muerte **140**, pudiendo ambas ponerse en comunicación con la cámara de apareamiento **100**.

40 Cámara de apareamiento. La cámara de apareamiento **100** está definida por una pluralidad de paredes, por ejemplo, la pared superior cilíndrica **101** y la pared cónica inferior **105**. Los expertos en la materia comprenderán, sin embargo, que las cámaras de apareamiento de acuerdo con diversas realizaciones de la invención pueden definirse por cualquier número de paredes, incluyendo una sola pared. Las paredes **101** y **105** pueden construirse a partir de un material de malla de plástico u otro material apropiado. Por ejemplo, las paredes **101** y **105** pueden construirse de Lumite (Lumite Co., Baldwin, Georgia) porque es duradero, resistente al calor y la radiación ultravioleta. Además, pueden usarse materiales de color claro (por ejemplo, blanco o amarillo), ya que reflejan la luz y también pueden estimular el apareamiento de las BSF. La cámara de apareamiento **100** puede ser de cualquier tamaño y forma razonables, por ejemplo, un cuadrado o un cilindro. Preferentemente, la parte inferior de la cámara de apareamiento es cónica o en forma de V. Por ejemplo, la cámara de apareamiento **100** puede ser, en general, cilíndrica con un volumen total de aproximadamente 1,3 m³. Además, y por ejemplo, la altura de la cámara de apareamiento **100** se limitará (por ejemplo, a aproximadamente 3 m o menos) basándose en la difusión de luz desde arriba. Como alternativa, la pared superior generalmente cilíndrica **101** (por ejemplo, ~ 1,5 m de altura, ~ 0,9 m de diámetro)

puede conectarse en la parte inferior a la pared **105** que define una cámara de muerte en forma de embudo **140**.

La pared **101** incluye un medio de acceso a la cámara **100** desde el exterior, por ejemplo, una cremallera **102** (por ejemplo, ~ 90 cm de largo) localizada a aproximadamente 15 cm de la parte superior de la cámara de muerte **140**. Sin embargo, puede usarse una diversidad de aberturas sellables. Pueden proporcionarse puntos de acceso adicionales según sea necesario. Por ejemplo, una abertura aproximada de 0,15 m en la pared **101** puede proporcionar un acceso adicional para la cámara de pupación **130**. La parte superior de la pared **101** puede incluir una pluralidad de lazos **103** para suspender la cámara de apareamiento **100** del suelo. Pueden incluirse lazos adicionales en el interior de la cámara de apareamiento **100** desde los que puede suspenderse la malla de plástico u otro material adecuado para aumentar el área de superficie interna para que reposen las BSF adultas (no mostrado en las figuras).

La cámara de apareamiento **100** puede mantenerse a una temperatura del aire de aproximadamente 29 °C con una humedad relativa de aproximadamente el 70 %. La humedad puede mantenerse con, por ejemplo, un humidificador manual o automatizado; por ejemplo, puede emplearse un humidificador Sunbeam®. Aunque las BSF adultas no coman, pueden mantenerse hidratadas usando un sistema de hidratación. Por ejemplo, puede instalarse y programarse un sistema de lluvia de alta presión Exo Terra® Monsoon RS4000 para pulverizar agua destilada durante aproximadamente 12-16 segundos a intervalos de 1 hora.

Las BSF adultas pueden añadirse directamente a la cámara de apareamiento **100** a través de una abertura, por ejemplo, a través de la cremallera **102**. Como alternativa, las BSF adultas pueden añadirse indirectamente a la cámara de apareamiento **100** añadiendo pupas o prepupas a la cámara de pupación **130** a través del portal de cámara de pupación **131**. La cámara de pupación **130** puede estar en comunicación con la cámara de apareamiento **100** a través del conducto **134**. En consecuencia, las BSF adultas recién nacidas pueden migrar desde la cámara de pupación **130** al conducto tubular **134**, y hacia la cámara de apareamiento **100**.

Cámara de pupación. La cámara de pupación **130** puede construirse a partir de cualquier material apropiado, por ejemplo plástico o metal, de acuerdo con cualquier dimensión razonable. Por ejemplo, puede usarse una bolsa de plástico de dimensiones aproximadas de 2 x 1,5 x 1,5 pies (60,96 x 45,72 x 45,72 cm). La cámara de pupación **130** puede mantenerse a aproximadamente un 60-95 % de humedad, por ejemplo un 80-90 % de humedad. La cámara de pupación **130** puede mantenerse a aproximadamente 25 °C-35 °C, por ejemplo, 28 °C-30 °C usando un sistema de control y una sonda (por ejemplo, de Zoo Med's Hydrotherm™). Por ejemplo, la humedad puede introducirse con un sistema de nebulización (sirviendo, por ejemplo, un humidificador de terrario Zoo Med's Repti Fogger™) y el calor puede aplicarse con un cable de calentamiento eléctrico estándar o un calentador cerámico o cualquier otro calentador adecuado. La deshumidificación puede aplicarse con un sistema de soplado.

Las pupas o prepupas de BSF pueden introducirse en la cámara de pupación **130** a través de un portal de cámara de pupación **131** que, por ejemplo, puede ser un conducto tubular de PVC con la tapa localizada en el lado superior de la cámara de pupación **130**. La parte superior de la cámara de pupación **130** puede cubrirse con una rejilla de malla **132** que se ahúsa hasta un conducto tubular **134** que conecta la cámara de pupación **130** con la cámara de apareamiento **100** o la cámara de muerte **140**. En la realización ilustrada, el conducto **134** conecta la cámara de pupación **130** con la cámara de muerte **140**, que a su vez está en comunicación con la cámara de apareamiento **100**. El conducto **134** puede fabricarse de malla o de cualquier otro material adecuado. Puede colocarse una cubierta **133** sobre la rejilla de malla **132** para mantener la humedad interior y la luz exterior. La cubierta **133** puede fabricarse de plástico o cualquier otro material adecuado. La abertura al conducto **134** no está bloqueada por la cubierta **133** de manera que cuando las BSF adultas nacen de la pupación, son atraídas hacia la luz que brilla desde arriba a través de una pared lateral del conducto tubular **134**, o la luz que brilla a través del conducto tubular **134** desde la cámara de apareamiento **100**. Las BSF adultas pueden volar o caminar a través del conducto tubular **134**. El conducto tubular **134** puede estar en un ángulo de aproximadamente 0 a 45 grados con respecto a la base de la cámara de pupación **130** para permitir que entre la luz, a la vez que mantiene un ángulo que coincide con el ángulo de vuelo habitual de las BSF adultas.

Haciendo referencia a la figura 3A, una cámara de pupación de acuerdo con diversas realizaciones de la invención se muestra, en general, en **330**. La cámara de pupación **330** incluye un sistema de cajones **354** soportado por un armazón hueco **351**. El sistema de cajones **354** permite una organización temporal (por edad) de las prepupas que entran en la cámara **330**. El sistema permite además una fácil retirada de las exuvias de pupación vacías después de que se haya completado la nascencia, y el reabastecimiento de nuevas prepupas. El sistema puede proporcionar un control de cajón específico de las condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura y humedad). Otra ventaja adicional del sistema de cajones es que permite la expansión a través de la incorporación de unidades de cajón adicionales al sistema. La cámara de pupación **330** puede estar provista, por ejemplo, de ocho (8) cajones, sin embargo los expertos en la materia comprenderán que solo puede usarse en cualquier momento un subconjunto de los cajones totales.

Haciendo referencia todavía a la figura 3A, la cámara de pupación **330** está conectada desde atrás a la cámara de apareamiento **300** por el conducto tubular **334**. El conducto tubular **334** está fabricado de un material de malla, sin

embargo, los expertos en la materia comprenderán que podría fabricarse de otros materiales, tales como un tubo sin malla ilustrado en la figura 3B. Las prepupas se cargan en cada cajón **354** desde el extremo delantero de la cámara de pupación **330**. Un conjunto de agujeros de nascencia (no mostrados) se colocan en la parte trasera de cada cajón para proporcionar una salida para las BSF adultas recién nacidas en el conducto **334**.

5 Las BSF adultas son atraídas hacia los agujeros de salida en la parte trasera del cajón, debido a la iluminación del conducto **334** por la luz ambiente que brilla a través de la malla, o la fuente de luz artificial de la cámara de apareamiento **300**. Como alternativa, puede emplearse un sistema de iluminación artificial externo a la cámara de apareamiento **300** para atraer BSF adultas nacidas desde la cámara de pupación **330** al conducto **334**. Por ejemplo, pueden proporcionarse luces LED en el interior del conducto **334** para atraer BSF adultas nacidas. Para ayudar a
10 dirigir el movimiento de las BSF adultas recién nacidas, la cámara de pupación **330** está encerrada dentro de un tejido oscuro que solo permite que la luz penetre a través de unos agujeros de salida en la parte trasera del conducto **334**. Una vez en el conducto **334**, las BSF migran a través del conducto y a la cámara de apareamiento **300** a través de la abertura **335** definida por una pared de la cámara de apareamiento.

15 La migración de las BSF recién nacidas a la cámara de apareamiento no tiene que ser un proceso totalmente pasivo como se ha descrito anteriormente. La figura 4 ilustra una realización de la invención en la que se usa un soplador para soplar las BSF en el conducto hacia la cámara de apareamiento. En la realización ilustrada, la cámara de pupación **430** está conectada a la cámara de apareamiento **400** por el conducto en T **434**. En la realización ilustrada, el conducto en T **434** es horizontal, de tal manera que la entrada al conducto desde la o las aberturas de nascencia de la cámara de pupación **430** está a la misma altura que la abertura de cámara de apareamiento **435**. Sin embargo, los expertos en la materia comprenderán que el conducto **434** no necesita orientarse horizontalmente, y que la entrada al conducto y la abertura de cámara de maduración **435** podrían estar verticalmente desplazadas una con respecto a otra. El soplador **460** está en comunicación con el conducto **434**, y configurado para soplar las BSF hacia la abertura **435** y, por lo tanto, la cámara de apareamiento **400**. Atraídas por la luz que proviene del conducto **434**, las BSF adultas recién nacidas salen de la cámara de pupación **430** por el conducto y se soplan hacia, y tal vez en,
20 la cámara de apareamiento **400**. El soplador **460** puede ajustarse en un temporizador para soplar periódicamente, con el fin de permitir que una pluralidad de BSF se acumulen en el conducto **434** antes de que se soplen hacia la cámara de apareamiento **400**. Puede usarse una válvula de retención en cualquier lugar a lo largo de la trayectoria entre el soplador **460** y la cámara de apareamiento **400** para evitar que las BSF retrocedan desde la cámara de apareamiento al conducto **434** o la cámara de pupación **430**. En la realización ilustrada, la válvula de retención **462** se coloca en la abertura **435**. La válvula de retención **464** se abre debido a la presión generada cuando el soplador **460** está en funcionamiento. La válvula de retención **462** se cierra debido a la disminución de la presión cuando el soplador **460** está apagado, lo que garantiza que las BSF hembra preñadas no puedan retroceder desde la cámara de apareamiento **400** a los huevos ovipuestos en el conector **434** o la cámara de pupación **430**. Puede colocarse otra válvula de retención **464** para sellar el soplador **460** desde el conducto **434** para evitar que las moscas se depositen alrededor o queden atascadas en el soplador. El conducto **434** puede conformarse de tal manera que un efecto venturi cree una aspiración para ayudar al movimiento de las moscas desde la cámara de pupación **430** a la cámara de apareamiento **400**. El soplador **460** también puede ayudar a ventilar la cámara de pupación **430** y a mantener las prepupas a la humedad y la temperatura deseadas. Como alternativa, o en combinación con el soplador **460**, puede emplearse un sistema de iluminación artificial externo a la cámara de apareamiento **400** para atraer a las BSF adultas nacidas desde la cámara de pupación **430** al conducto **434**. Por ejemplo, puede proporcionarse una luz LED **470** en el interior del conducto **434** para atraer a las BSF adultas nacidas.
30
35
40

Los expertos en la materia comprenderán, además, que pueden usarse estructuras alternativas, tanto con sistemas pasivos como con sistemas que emplean sopladores, para evitar el retroceso de las BSF desde la cámara de apareamiento. Las figuras 5 a 8 ilustran el uso de un pasaje o paso unidireccional para impedir o evitar el retroceso de las BSF desde la cámara de apareamiento **100**. Los pasajes unidireccionales tendrán, en general, una entrada ancha y se ahusarán hacia una salida de tamaño y forma suficiente para permitir el paso de una BSF a través de la misma, pero lo suficientemente estrecha y aguda como para impedir la posterior re-entrada de la BSF en el conducto unidireccional. En una alternativa, el conducto unidireccional incluye un embudo, que puede tener una forma generalmente troncocónica (aunque pueden contemplarse otras formas). Haciendo referencia a las figuras 5 y 6, la abertura **535** a la cámara de apareamiento **700** se define por el embudo **536** que se ahúsa hacia la cámara de apareamiento **500**. En consecuencia, las BSF se canalizan en la cámara **700**, y no pueden retroceder al conducto **534**.
45
50

En otra alternativa ilustrada en las figuras 7 y 8, el pasaje unidireccional puede incluir una ranura ahusada que comprende unas paredes opuestas **736** y **737** que se ahúsan una hacia otra desde la entrada a la salida, es decir, la hendidura **735**. Como se ve en la figura 8, las partes de borde **738** y **739** de las paredes **736** y **737**, que definen la hendidura **735**, están desplazadas.
55

Los conductos unidireccionales ilustrados pueden servir para evitar que las BSF retrocedan en el conducto por varias razones. Una BSF puede ser incapaz de articular su abdomen y su tórax un ángulo menor que el requerido para pasar a través del agujero **535** en la figura 6 o la hendidura **735** en la figura 8. Las BSF pueden ser incapaces de volar directamente en el agujero **535** o la hendidura **735**, donde la envergadura de sus alas se aproxima o es
60

mayor que la anchura del agujero o la hendidura. Cuando la parte de borde superpuesta de la hendidura **735** se extiende más allá de la parte de borde superpuesta **738** menos de la longitud de una BSF, una BSF puede ser incapaz de aterrizar fácilmente en la parte inferior del borde superpuesto **739** y, por lo tanto, verse disuadida de aterrizar en paralelo a la hendidura **735**.

- 5 Aunque se han ilustrado conductos unidireccionales en relación con la abertura de cámara de apareamiento, se apreciará que los conductos unidireccionales podrían colocarse en cualquier lugar en el conducto entre la cámara de pupación y la abertura de cámara de apareamiento y seguir logrando un efecto deseado de evitación de retroceso de las BSF, especialmente las BSF preñadas, hacia la cámara de pupación.

10 Además, aunque las realizaciones ilustradas muestran el uso de conductos para conectar las cámaras de apareamiento con las cámaras pupación externas, los expertos en la materia entenderán que es suficiente que la cámara de pupación y la cámara de apareamiento estén en comunicación entre sí. En consecuencia, en una realización simplificada de la invención, la cámara de pupación puede colocarse directamente dentro de la cámara de apareamiento. Las pupas o prepupas de BSF pueden introducirse en la cámara de pupación fuera de la cámara de apareamiento. Una vez que las pupas o prepupas de BSF se introducen en la cámara de pupación, la cámara de pupación puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento. A condición de que la cámara de pupación permanezca en comunicación con la cámara de apareamiento, por ejemplo, por medio de un o unos agujeros de nacimiento en las paredes o el techo que definen la cámara de pupación, y de que la luz de la cámara de apareamiento pueda penetrar en la cámara de pupación para atraer a las BSF adultas recién nacidas desde la cámara de pupación a la cámara de apareamiento, no es necesario un conducto adicional para conectar la cámara de pupación y la cámara de apareamiento. Sin embargo, pueden usarse pasajes o pasos unidireccionales en combinación con agujeros de nacimiento para evitar que las BSF adultas vuelvan a entrar en la cámara de pupación desde la cámara de apareamiento.

25 Como un diseño alternativo adicional para una cámara de pupación, y haciendo referencia a la figura 9, la abertura de cámara de apareamiento de la cámara de apareamiento **900** puede diseñarse para admitir unos cajones **954** de la cámara de pupación **930**, de tal manera que la cámara de pupación puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento, pudiendo accederse aún al contenido de los cajones desde el exterior de la cámara de apareamiento. Tal diseño, que puede ser similar al que se expone a continuación para la cámara de oviposición, como se ilustra en la figura 2, facilita la introducción de las pupas y prepupas en el sistema sin entrar en la cámara de apareamiento **900** o permitir que las BSF adultas escapen. La cámara de pupación **930** puede coserse en la cámara de apareamiento y soportarse desde la estructura de armazón de cámara de apareamiento o soportarse desde arriba por una cuerda, una cadena o varillas, u otros medios adecuados.

35 Haciendo referencia de nuevo a la figura 3, la capacidad de prepupas para cada cajón **354** del sistema de cajones depende del tamaño de población deseado para la cámara de apareamiento **300**. Un sistema de entrada de pupas rotatorio (basado en el tiempo de desarrollo requerido para que las prepupas maduren hasta ser adultas) puede utilizarse para secuenciar la disponibilidad de cajones vacíos según se desee. Además, pueden instalarse dispositivos de control de temperatura ambiental individuales en cada cajón **354** para controlar las condiciones ambientales en el mismo.

40 Cámara de muerte. Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, una vez en la cámara de apareamiento **100**, las BSF adultas viven aproximadamente de 7 a 10 días. En aproximadamente 2-4 días, las hembras se aparean con los machos. En aproximadamente 3-5 días ponen huevos. Alrededor del día 7 al 10, las BSF mueren y se recogen en la cámara de muerte en forma de embudo **140** en la parte inferior de la cámara de apareamiento **100**. En la parte inferior de la cámara de muerte **140** hay una abertura **139** (por ejemplo, de 0,15 m de diámetro) equipada con una válvula manual o automatizada **141**, que facilita la recogida diaria o periódica de cadáveres. Como alternativa, si la cámara de muerte tiene forma de V, de tal manera que la cámara de mortalidad es un largo canal, puede usarse un mecanismo de limpieza de canal para barrer los cadáveres a un extremo del canal para recogerlos a través de una compuerta o una válvula.

50 Fuente de luz artificial. Haciendo referencia todavía a la figura 1, se muestra una fuente de luz artificial **110** suspendida por encima de la cámara de apareamiento **100**. Puede haber más de una fuente de luz artificial. Por ejemplo, la fuente de luz **110** puede colocarse aproximadamente 0,15 m por encima de la parte superior de la cámara de apareamiento **100**. Por ejemplo, se informa de una fuente de luz de cuarzo-yodo de 500 W (Modelo QVF135, Philips Lighting Ltd.) para proporcionar un espectro de entre 350-2500 nm a $135 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de intensidad de luz. Según se informa, esta luz logró un 61,9 % de éxito de apareamiento de BSF con respecto a la luz solar natural en condiciones de 28-30 °C, 60-90 % de humedad, y acceso al agua potable a través de un vaporizador cada 2-3 horas (Zhang *et al.*, 2010). La reproducción de estas mismas condiciones en el local logró un 51 % de éxito de apareamiento (véase ejemplo 1, tabla 2 en el presente documento). Como se describe a continuación, se descubrió que la incorporación de una fuente de luz halógena (por ejemplo, una bombilla halógena Exo Terra® Sunglo de 50 W o una bombilla halógena de neodimio Daylight de 50 W), que produce baja intensidad UBA y UVB, visible, y longitudes de onda infrarrojas a la fuente de luz de cuarzo-yodo mejoró el éxito del apareamiento. El más alto grado de éxito de apareamiento se observó cuando se usó una luz de cuarzo-yodo de 300 W en combinación con una luz

halógena de 50 W (véase ejemplo 1, tabla 2 en el presente documento). Las instalaciones de luz se colocaron aproximadamente a 30 cm de sus puntos centrales y anguladas una hacia otra en un ángulo de 15 grados, de tal manera que se superponen las longitudes de onda procedentes de las fuentes de luz emitidas. En otra realización, la luz solar natural podría usarse como una fuente de luz suplementaria y/o podría usarse una sola fuente de luz que emite una gama más amplia de longitudes de onda que la combinación descrita anteriormente, pero se modifica con filtros para proporcionar sustancialmente las mismas intensidades y longitudes de onda que la combinación de las fuentes de luz de cuarzo-yodo y halógena. Podría usarse un ciclo de luz y de oscuridad para emular el día y la noche. A modo de ejemplo no limitante, la fuente de luz total (ambas bombillas) podría encenderse durante un periodo de luz de 9 horas, de las 08:00 h a las 17:00 h, y apagarse durante un período de oscuridad de 15 horas, de las 17:01 h a las 07:59 h.

Cámara de oviposición. Haciendo referencia todavía a la figura 1, la cámara de oviposición **120** puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento **100**; por ejemplo, la cámara de oviposición **120** puede soportarse por un bastidor (no mostrado en la figura 1) fijado a las paredes de la cámara de apareamiento **100** o puede soportarse desde la parte inferior o la parte superior de la cámara de apareamiento **100**. Como alternativa, la cámara de oviposición **120** puede estar separada pero conectada a la cámara de apareamiento **100**, siempre que la cámara de apareamiento y la cámara de oviposición estén en comunicación. La figura 1 muestra un ejemplo de una cámara de oviposición **120** construida de una cubeta de plástico, con una tapa **121**. A modo de ejemplo no limitante, la tapa de cámara de oviposición **121** se abre adecuadamente a partir de la bisagra de tapa **122** con un tope de alambre. Esto crea una entrada y una salida a la cámara de oviposición **120**, y también crea un entorno oscuro que estimula la oviposición de la BSF hembra. Se colocan materiales de puesta de huevos en las paredes interiores de la cubeta. Por ejemplo, los materiales de puesta de huevos pueden ser bloques de cartón corrugado; las BSF hembra ovipositarán huevos en las aberturas de "acanaladuras" individuales en el cartón. A modo de ejemplo no limitante, las dimensiones de las aberturas de acanaladura puede ser de aproximadamente 3 mm x 3 mm. Además, y por ejemplo, los bloques de cartón pueden construirse a partir de pilas de tres tiras de aproximadamente 3 x 10 cm de cartón sujetas entre sí con cinta adhesiva, pero dejando las aberturas de acanaladura descubiertas. Además, los materiales de puesta de huevos pueden ser de plástico o de metal con agujeros de tamaño equivalente que varían en tamaño de 2-4 mm de diámetro. La forma de las aberturas de agujero puede ser circular, elíptica, semicircular, cuadrada o variaciones de las mismas. Se coloca un atrayente en la parte inferior de la cubeta para arrastrar a las BSF hembra preñadas a la cámara de oviposición **120**. Un ejemplo de un atrayente es una mezcla saturada de 1:1 de la dieta de Gainesville (Hogsette, 1985) mezclada con larvas de BSF lixiviadas y compost de BSF. Otros atrayentes pueden incluir grano de fermentación, tal como cereal de maíz, estiércol, residuos de alimentos descompuestos, larvas de BSF y/o huevos. Cualquiera o todos estos en diferentes combinaciones atraerán a las BSF hembra preñadas.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, un diseño alternativo para una cámara de oviposición se muestra, en general, en **220**. Como se ha mencionado anteriormente, la pared **201** de la cámara de apareamiento **200** define una abertura adicional para el alojamiento de los cajones **222** y **224** de la cámara de oviposición **220**, de tal manera que la cámara de oviposición puede colocarse dentro de la cámara de apareamiento, pudiendo aún accederse al contenido de los cajones desde el exterior de la cámara de apareamiento. Este diseño facilita la recogida de huevos de BSF sin entrar en la cámara de apareamiento **200** ni permitir que las BSF adultas escapen. La cámara de oviposición **220** puede coserse en la cámara de apareamiento **200** y soportarse por una pieza transversal (no mostrada en la figura 2) desde la estructura de armazón de la cámara de apareamiento **200** o soportarse desde arriba por una cuerda, una cadena o unas varillas, u otros medios adecuados. A modo de ejemplo no limitante, la cámara de oviposición **220** puede coserse en la cámara de apareamiento **200** a una altura de aproximadamente 1/3 del total de la altura de la cámara de apareamiento **200** desde la cámara de muerte **240**. Las BSF hembra preñadas prefieren ovipositar lejos de una luz directa; en consecuencia, puede usarse un techo flotante **221** para proporcionar protección de la fuente de luz artificial **210** y mantener el material de puesta de huevos seco y alejado de la humedad. El cajón superior **222** puede contener materiales de puesta de huevos **223** que consisten en, por ejemplo, acanaladuras o tubos de plástico o de cartón orientados verticalmente que están abiertos en ambos extremos (como se detalla en el presente documento). La sección inferior del cajón superior puede perforarse para permitir que el aroma del atrayente se difunda desde el cajón inferior al cajón superior **224**. Una barredora (no mostrada en la figura 2) puede fijarse al armazón de la cámara de oviposición **220** para retirar suavemente cualquier BSF adulta que pueda estar poniendo huevos o que descansa sobre el material de puesta de huevos a medida que se abre el cajón. El cajón inferior puede contener una mezcla saturada de 1:1 de la dieta de Gainesville mezclada con larvas de BSF lixiviadas y compost de BSF, u otros atrayentes adecuados (como se detalla en el presente documento), para arrastrar las BSF hembra preñadas a los materiales de puesta de huevos **223** por encima del mismo. Puede usarse una lámina de metal (no mostrada en la figura 2) para deslizarse entre los cajones superior e inferior (**222** y **224**, respectivamente) para cubrir el cajón inferior **224**, cuando se retira el cajón superior **222** para la recogida de huevos o cuando se sustituye el atrayente para evitar que BSF adultas no deseadas accedan y/o aterricen en el atrayente. Como alternativa, puede usarse un solo cajón, por lo que los tubos orientados verticalmente se sostienen por encima del atrayente con pestañas, de tal manera que la parte superior de los tubos estén a ras, es decir, estén sustancialmente en un plano común, con la parte superior del cajón. Los cajones **222** y **224** se localizan ajustados al armazón para disuadir a las hembras de que pongan huevos en las grietas y se cierra el armazón en los lados y la parte inferior para evitar que las BSF adultas escapen cuando se abren los cajones.

Los materiales de puesta de huevos **223** que contienen huevos pueden recogerse durante aproximadamente las primeras 24 horas después de que se hayan puesto los huevos.

Ejemplo 1: inducción del apareamiento de BSF usando luz visible y UV

5 Metodología para mediciones de intensidad de luz. Las intensidades de luz de la luz visible, UVA + B, y UVB se midieron con un medidor Quantum, modelo MQ-100, de Apogee Instruments Inc., un medidor solar modelo 6.7, Total UV (A+B), de Solartech, Inc., y un medidor solar modelo 6.2, UVB, de Solartech, Inc., respectivamente. La bombilla de cuarzo-yodo y la bombilla halógena de neodimio Daylight se separaron aproximadamente 30 cm de su centro y se inclinaron en un ángulo aproximado de 15 grados, de tal manera que sus haces de luz respectivos se superpusieran, con lecturas de luz realizadas a aproximadamente 50 cm por debajo de la distancia intermedia entre
10 las dos bombillas. Para las bombillas individuales, la lectura se realizó a aproximadamente 50 cm directamente por debajo de la bombilla como se describe por Zhang *et al.* (2010). Para las mediciones de luz, las luces se suspendieron por encima del suelo a aproximadamente 60 cm; el medidor de luz se sujetó a un soporte, de tal manera que el sensor del medidor estaba a aproximadamente 50 cm de la bombilla. El soporte se movió a lo largo del suelo hasta que se midió la intensidad pico.

15 Metodología para análisis estadísticos. El éxito de apareamiento por el tratamiento se calculó dividiendo el número total de nidos de huevos puestos por la mitad del número total de moscas que entraron en la jaula experimental en los días 0 a 8 (los dos últimos días que se añadieron moscas a la jaula no se tuvieron en cuenta). Este cálculo se basó en informes de que (i) las hembras *H. illucens* en general no ovipositan a menos que se hayan apareado y fertilizado (Tomberlin y Sheppard, 2002; Tomberlin *et al.*, 2002); (ii) el porcentaje de hembras encontradas en colonias de BSF de laboratorio es de alrededor del 55,2 % (Tomberlin *et al.*, 2002), y (iii) las moscas añadidas durante los dos últimos días del experimento habrían puesto huevos dos días más tarde (es decir, después de que el tratamiento hubiera terminado (Tomberlin y Sheppard, 2002; Tomberlin *et al.*, 2002). Además, el coeficiente de correlación de Pearson entre el éxito de apareamiento y la media de nidos de huevos puestos por tratamiento fue de 0,9510, lo que indica una fuerte relación entre ambas variables.

25 Resultados. Los intentos de usar otro tipo de luces para estimular el apareamiento en las BSF, tal como el uso de una Sylvania Gro Lux® de 40 vatios (Tomberlin y Sheppard, 2002), un Pro Ultralight Light System de 430 vatios (Tomberlin y Sheppard, 2002) o una luz de tierras raras de 450 vatios (Engineering University Infrared Technology Research institute, Harbin, Heilung-kiang, China; Zhang *et al.*, 2010) no dieron como resultado apareamientos. La única otra fuente de luz artificial publicada para estimular el apareamiento con éxito hasta el momento es la lámpara de cuarzo-yodo de 500 vatios (Zhang *et al.*, 2010), pero el éxito de apareamiento más alto alcanzado fue de un 61,9 % con respecto al observado en el tratamiento de luz solar. Los resultados del experimento informado en este caso no tienen un control de luz solar, pero la misma lámpara de cuarzo-yodo de 500 vatios usada por Zhang *et al.* (2010) dio como resultado un éxito de apareamiento del 50,76 %, mientras que se aparearon el 69,53 % de las hembras liberadas en la repetición 1 y el 88,16 % de las hembras en la repetición 2 del tratamiento *Luz 1*, y se aparearon el
35 95,91 % de las liberadas en el tratamiento *Luz 4* (véase la tabla 2 en el presente documento). Por lo tanto, estos resultados sugieren que la incorporación de una lámpara halógena de neodimio Daylight de 50 W a una lámpara de cuarzo-yodo de 300 o 500 cuando se mantiene una colonia de *H. illucens* aumenta significativamente los apareamientos. Sin embargo, se descubrió que la incorporación de una lámpara halógena de neodimio Daylight de 100 W impedía el apareamiento en relación con la lámpara de cuarzo-yodo de 500 W por sí misma. Esto sugiere
40 que se requiere el intervalo completo de longitudes de onda (350-700 nm) para el apareamiento óptimo y que exista un equilibrio óptimo entre la intensidad de infrarrojos (700 nm+), la luz visible (450-700 nm) y la luz ultravioleta (UVA - 315-400 nm, UVB - 280-315 nm). Por ejemplo, una relación de entre 3,5:1 y 4:1, visible ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$): UVA + B ($\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (véase: tabla 1). Aunque la lámpara de cuarzo-yodo de 500 vatios emite el espectro completo de luz, gran parte de la luz UV se filtra por el vidrio templado usado en el accesorio de luz de inundación. Por lo tanto, la
45 incorporación de la lámpara halógena de neodimio Daylight de 50 W puede compensar el efecto de filtrado de UV del vidrio templado. La lámpara halógena de neodimio Daylight de 50 W también emite luz visible e infrarroja que puede contribuir a la conducta de apareamiento. Es posible que la lámpara de cuarzo-yodo de 500 vatios proporcione una luz visible óptima, pero es ligeramente deficiente en luz UV, mientras que la lámpara de tierras raras proporciona una intensidad de luz UV demasiado alta y carece de una luz visible adecuada para el
50 apareamiento óptimo.

La intensidad de luz visible y UV óptima para el apareamiento de BSF adultas es de entre 200 y 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y 50 y 100 $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ UVA+B (intensidades pico, 50 cm por debajo de la o las bombillas) (véanse: tabla 1 y tabla 2).

Tabla 1. Máximas intensidades de luz visible, UVA+B, UVB para diversas combinaciones de luz.

	Visible (450-700 nm) Intensidad $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	UVA+B (315-400 nm) Intensidad $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	UVB (280-315 nm) Intensidad $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Relación (Visible - $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$: UVA+B- $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Cuarzo-yodo de 500 W	238	58	0	4,1:1
Cuarzo-yodo de 500 W + Halógena Sunglow de 50 W	370	100	1	3,7:1
Cuarzo-yodo de 300 W + Halógena Sunglow de 50 W	310	80	1	3,8:1
Halógena Sunglow de 50 W	215	63	1	3,4:1
Halógena Sunglow de 100 W	600	240	7	2,5:1

5 Hubo una diferencia significativa en el número medio de apareamientos y nidos de huevos puestos por día entre los tratamientos (véase la tabla 2). El tratamiento *Luz 1* (cuarzo de 500 W + halógena de 50 W) presentó el mayor número de apareamientos observados, mientras que el tratamiento *Luz 4* (cuarzo de 300 W + halógena de 50 W) fue en el que más ovipositaron las hembras. El éxito de apareamiento fue también el más alto en el *Luz 4*, seguido por el *Luz 1*. La temperatura media no difirió entre tratamientos ($p=0,4095$; véase la tabla 3), pero hubo diferencias significativas en humedad ($p<0,001$; véase la tabla 4 para grupos homogéneos). Sin embargo, en este experimento no hubo una correlación significativa entre las observaciones de humedad y de acoplamiento o nidos de huevos
10 puestos. Hubo diferencias significativas en el número medio de apareamientos por tiempo de observación a través de los tratamientos. La mayoría de los datos fueron normales excepto los apareamientos del *Luz 3* (cuarzo de 300 W + halógena de 100 W) y cadáveres de hembras del *Control* (véase la tabla 5 para ensayos de normalidad de Shapiro-Wilk). Por el contrario, el comportamiento de todos los apareamientos por tiempo de observación fue normal (excepto los de 9 a.m. en *Luz 1*, véase la tabla 3).

15

Tabla 2. Media de cada variable medida por tratamiento.

TRATAMIENTO	Número medio de apareamientos*	Número medio de nidos*	Éxito de apareamiento (%)	Número medio de muertes		1	2	Número medio de apareamientos por tiempo de observación					
				Machos*	Hembras*	Temperatura media* (°C)	Humedad media* (%)	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00
Control (cuarzo de 500)	3,3 ±1,4	5,0 ±3,8	50,76	6,0 ±4,9	4,8 ±2,7	26,90 ±0,99	32,7 ±4,8	0,6	0,4	0,7	0,4	0,5	0,7
Luz 1 Repetición 1 (cuarzo de 500 + halógena de 50)	6,9 ±5,6	8,1 ±5,6	69,53	9,0 ±5,3	8,2 ±3,8	27,45 ±1,34	31,7 ±1,0	0,8	1,3	1,8	1,6	0,8	0,6
Luz 1 Repetición 2 (cuarzo de 500 + halógena de 50)	6,1 ±3,0	7,3 ±6,3	88,16	2,0 ±1,3	1,8 ±2,2	27,37 ±1,59	44,4 ±4,6	0,2	0,6	1,4	1,3	1,1	1,5
Luz 2 (cuarzo de 500 + halógena de 100)	2,6 ±2,2	1,7 ±1,6	14,29	8,8 ±5,3	8,0 ±3,0	27,57 ±0,75	34,1 ±3,6	0,1	0,4	0,3	1,0	0,5	0,3
Luz 3 (cuarzo de 300 + halógena de 100)	5,7 ±3,0	6,2 ±3,7	57,94	7,1 ±4,5	6,3 ±3,4	27,08 ±0,57	36,9 ±3,2	0,3	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2
Luz 4 (cuarzo de 300 + halógena de 50)	4,7 ±2,1	8,2 ±5,0	95,91	3,3 ±2,0	4,6 ±1,8	26,72 ±1,66	43,7 ±4,8	0,1	0,9	0,8	1,3	0,8	0,8

* Se informa de la desviación estándar de estas variables después del símbolo ±.

5 El o los aparatos y métodos detallados en el presente documento pueden usarse en un “ciclo de vida” más expansivo de las BSF. Por ejemplo, los huevos de BSF generados usando el o los aparatos y métodos detallados en el presente documento pueden introducirse en un digestor que contiene materiales de residuos orgánicos (por ejemplo, frutas, verduras y despojos de pescado). El ciclo de vida de BSF puede continuar con las larvas de BSF la conversión de residuos orgánicos que está presente en el digestor. El ciclo de vida puede seguir adelante con larvas de BSF que se convierten en prepupas. Las prepupas o larvas pueden procesarse con otros fines (por ejemplo, animales de granja (acuáticos o terrestres), alimentación para mascotas, o incluso los productos alimenticios para consumo humano). Además, las prepupas pueden introducirse en un aparato de criadero autónomo (como se describe en el presente documento) para generar huevos de BSF. En consecuencia, se apreciará que un digestor que soporta los materiales de residuos orgánicos puede usarse en asociación con el o los aparatos y métodos detallados en el presente documento.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para inducir a las moscas soldado negras (BSF) a aparearse, comprendiendo el método la exposición de al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra a la luz artificial, en el que la luz artificial comprende al menos una longitud de onda en un espectro visible y al menos una longitud de onda en un espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la luz artificial tiene una intensidad de luz visible que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y una intensidad de UV que es menor que $100 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. Un aparato para inducir a las moscas soldado negras (BSF) a aparearse, comprendiendo el aparato:
una cámara de apareamiento (100, 200, 300, 400, 500, 700, 900) para recibir al menos una BSF macho y al menos una BSF hembra; y
al menos una fuente de luz artificial (110, 210) configurada para iluminar la cámara de apareamiento con al menos una longitud de onda en el espectro visible y al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta, en el que la al menos una longitud de onda en el espectro visible se produce usando una lámpara de cuarzo-yodo de 300 a 500 W y la al menos una longitud de onda en el espectro ultravioleta se produce usando una lámpara halógena de 50 W.
4. El aparato de la reivindicación 3, en el que la al menos una fuente de luz artificial está configurada para emitir luz con una intensidad de luz visible que es menor que $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
5. El aparato de la reivindicación 3 o 4, que comprende además:
al menos una pared de cámara de apareamiento que define la cámara de apareamiento y una abertura de cámara de apareamiento (335, 435, 535, 735) para la admisión de las BSF en la cámara de apareamiento; y,
una cámara de oviposición (120, 220) colocada dentro de la cámara de apareamiento, en el que la cámara de oviposición se define por al menos una pared de cámara de oviposición, en el que la al menos una pared de cámara de oviposición define además una abertura de cámara de oviposición para recibir BSF preñadas en la cámara de oviposición, en el que la cámara de oviposición incluye
una pantalla de oviposición (221) para proteger a las BSF preñadas de la al menos una fuente de luz artificial, y
un colector para recoger los huevos de BSF ovipositados por las BSF preñadas.
6. El aparato de la reivindicación 5, en el que el colector comprende una pluralidad de acanaladuras o tubos sustancialmente verticales.
7. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende además una cámara de pupación (130, 330, 430, 930) en comunicación con la cámara de apareamiento.
8. El aparato de la reivindicación 7, que comprende además una pantalla de cámara de pupación para proteger a las pupas de la al menos una fuente de luz artificial (110, 210).
9. El aparato de la reivindicación 7 u 8, en el que la comunicación entre la cámara de pupación y la cámara de apareamiento se proporciona por un conducto (134, 334, 434, 534, 734) que conecta la cámara de pupación a la cámara de apareamiento a través de la abertura de cámara de apareamiento, que comprende además un soplador (460) en comunicación con el conducto para soplar las BSF en el conducto hacia la cámara de apareamiento, en el que el conducto comprende, además, una válvula de retención (462) a través de la que deben pasar las BSF con el fin de acceder a la cámara de apareamiento, en el que la válvula de retención se abre en respuesta a una fuerza generada por el soplador, que comprende además una fuente de luz de conducto (470) configurada para iluminar una parte del conducto para atraer la migración de las BSF desde la cámara de pupación al conducto.
10. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, que comprende además un medio para retirar las BSF muertas de la cámara de apareamiento.
11. El aparato de la reivindicación 10, en el que el medio para retirar las BSF muertas de la cámara de apareamiento incluye una abertura sellable (335, 435, 535, 735) adyacente a la parte inferior de la cámara de apareamiento, en el que, opcionalmente, la al menos una pared que define la cámara de apareamiento se ahúsa hacia la abertura

sellable.

12. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 11, en el que la cámara de oviposición comprende además un atrayente para atraer BSF preñadas.

5 13. El aparato de la reivindicación 12, en el que la cámara de oviposición comprende además un cajón superior (222) y un cajón inferior (224), en el que tanto el cajón superior como el cajón inferior están configurados para abrirse hacia el exterior de la cámara de apareamiento, y en el que el colector está situado en el cajón superior y el atrayente está situado en el cajón inferior.

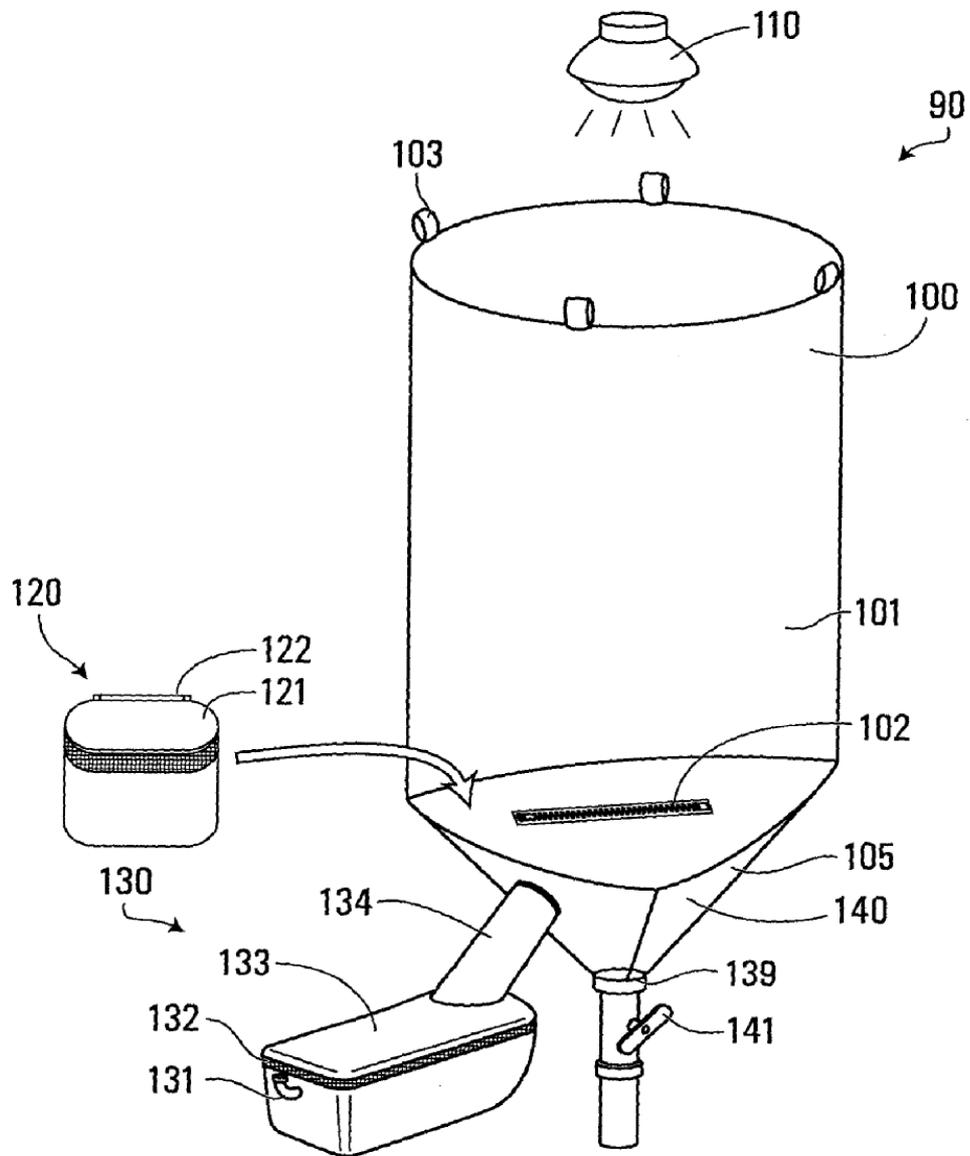


FIG. 1

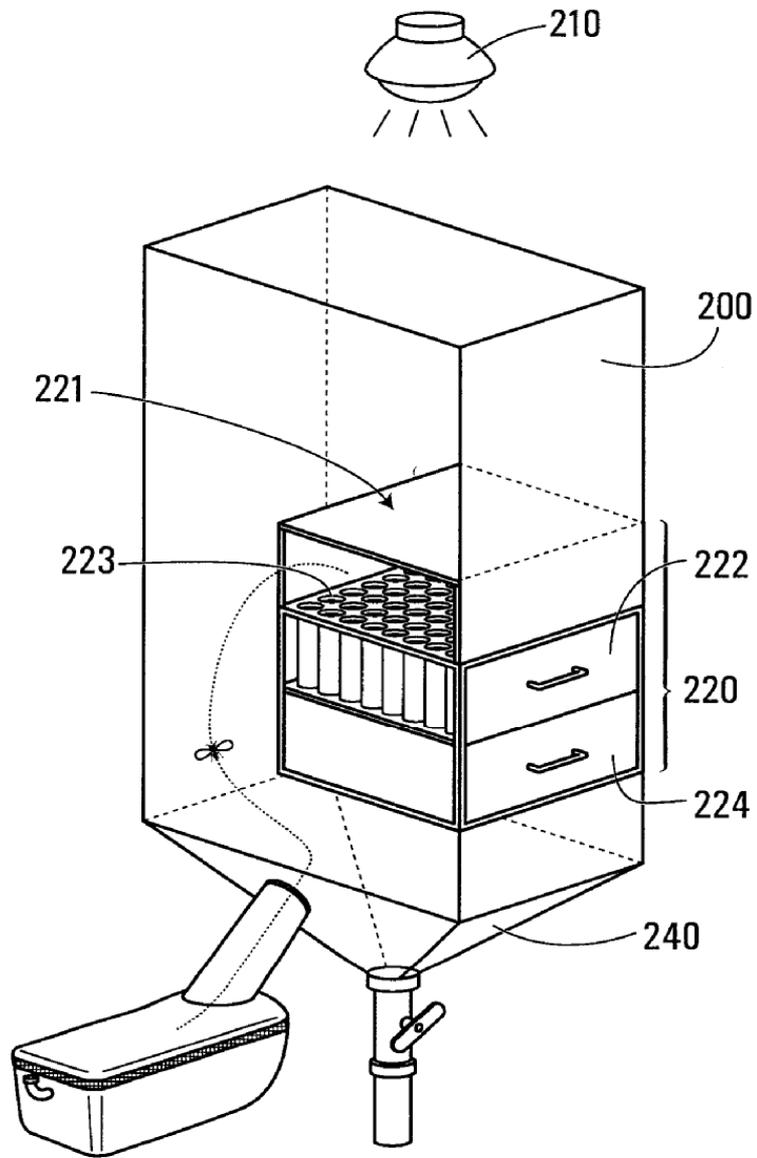


FIG. 2

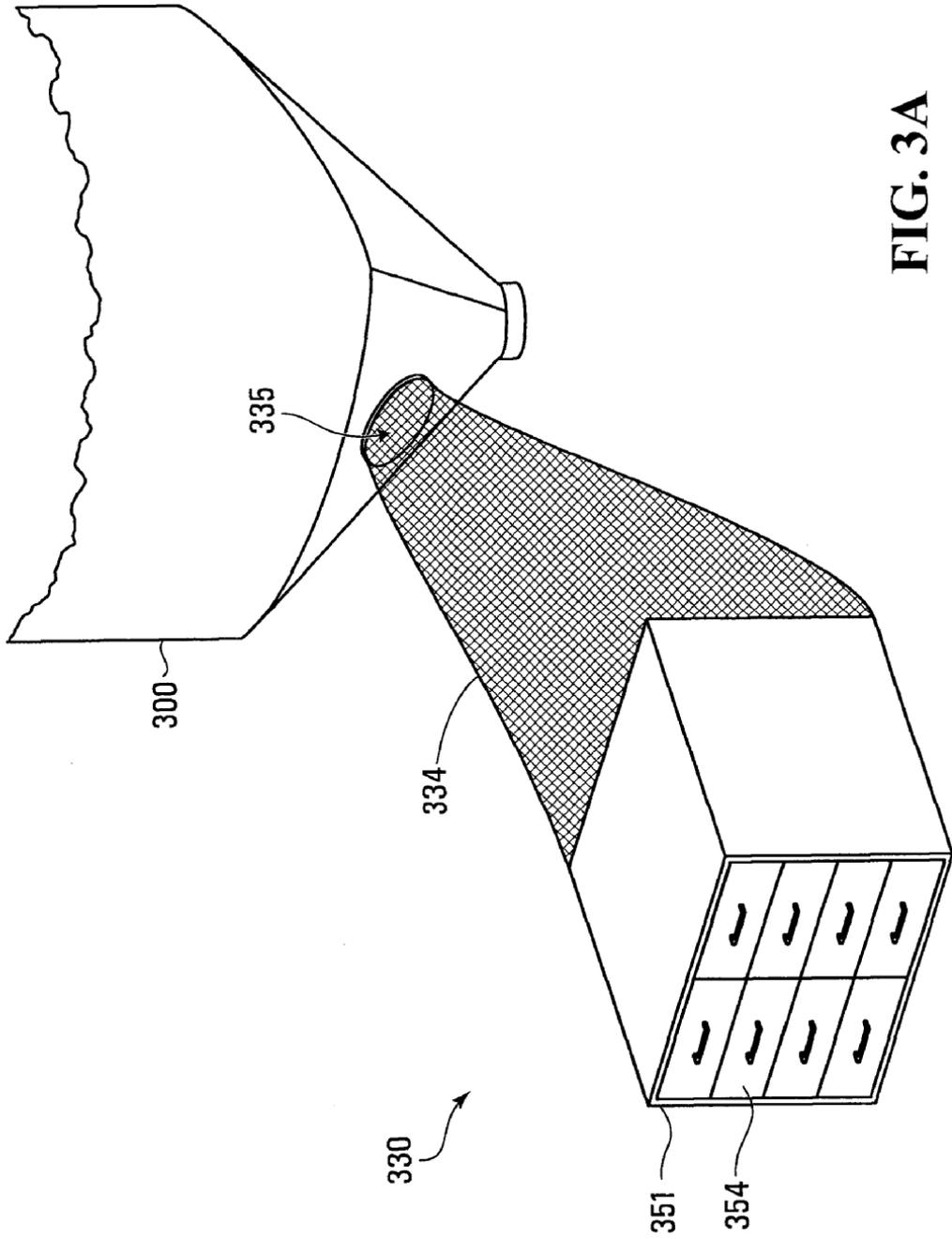


FIG. 3A

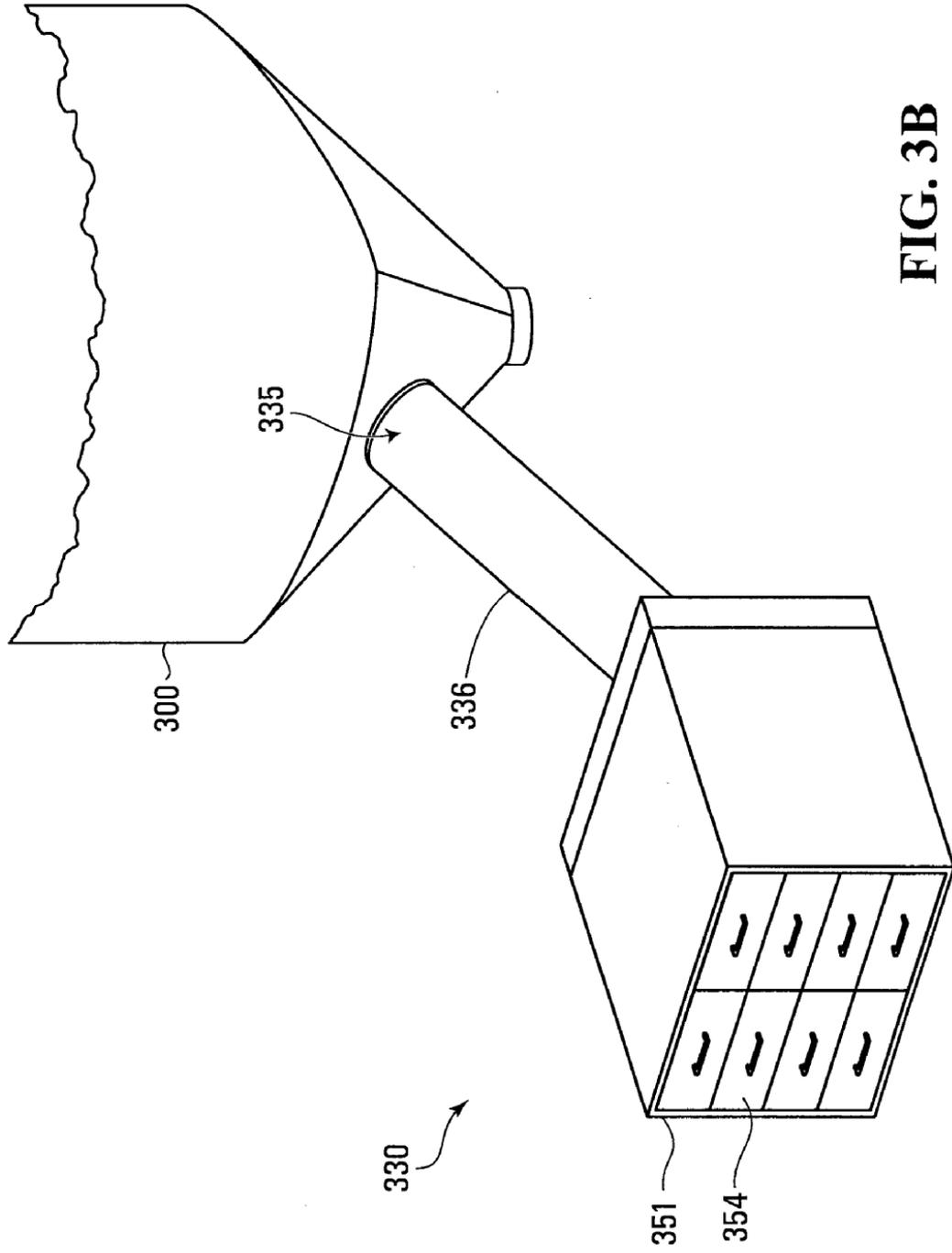


FIG. 3B

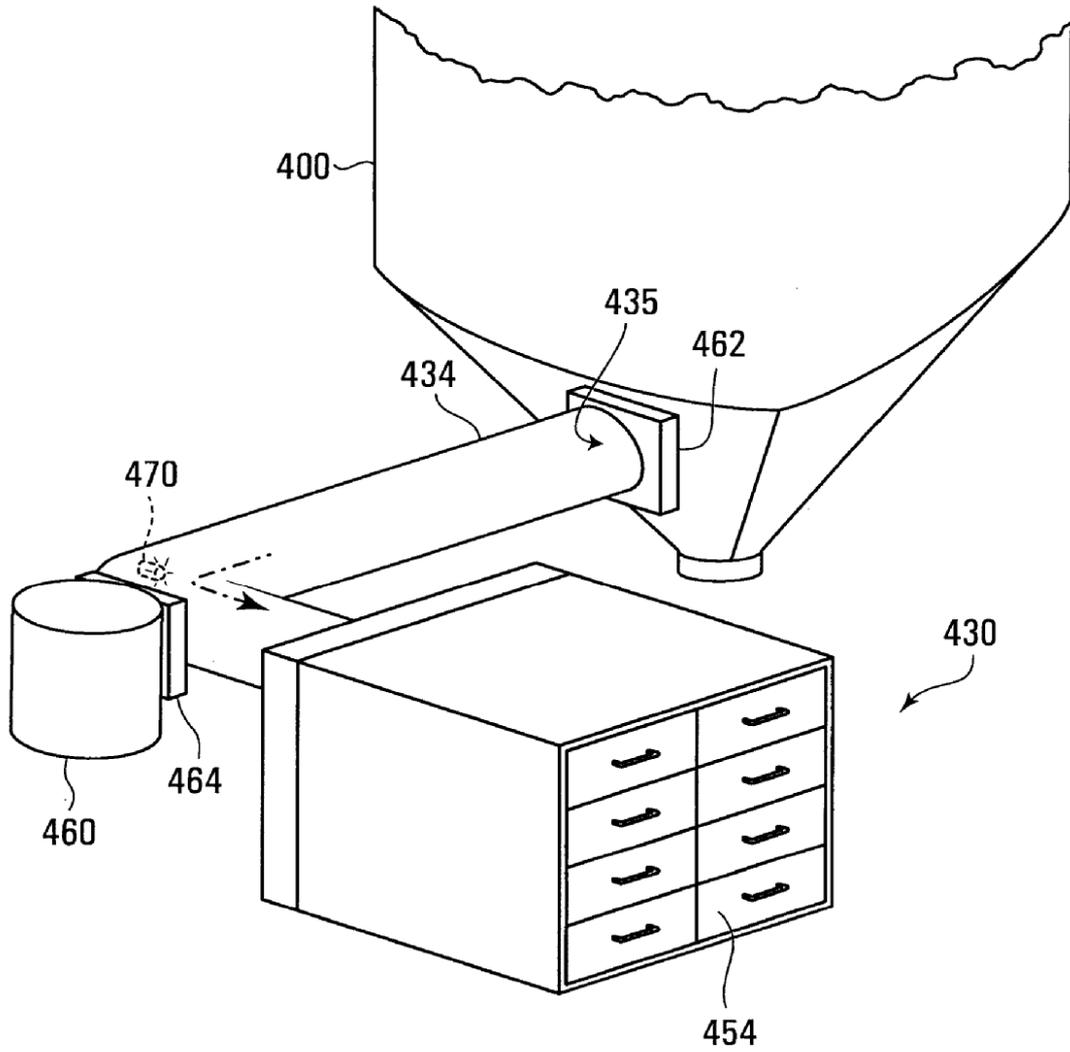


FIG. 4A

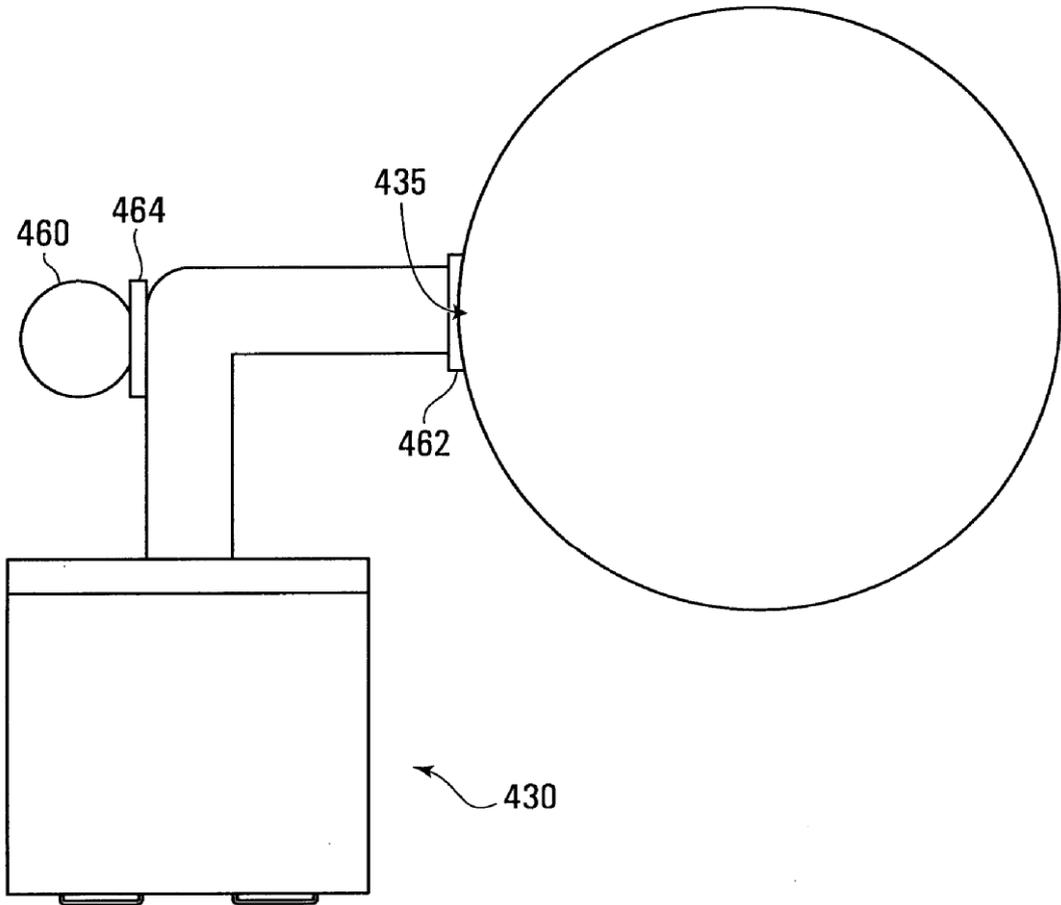


FIG. 4B

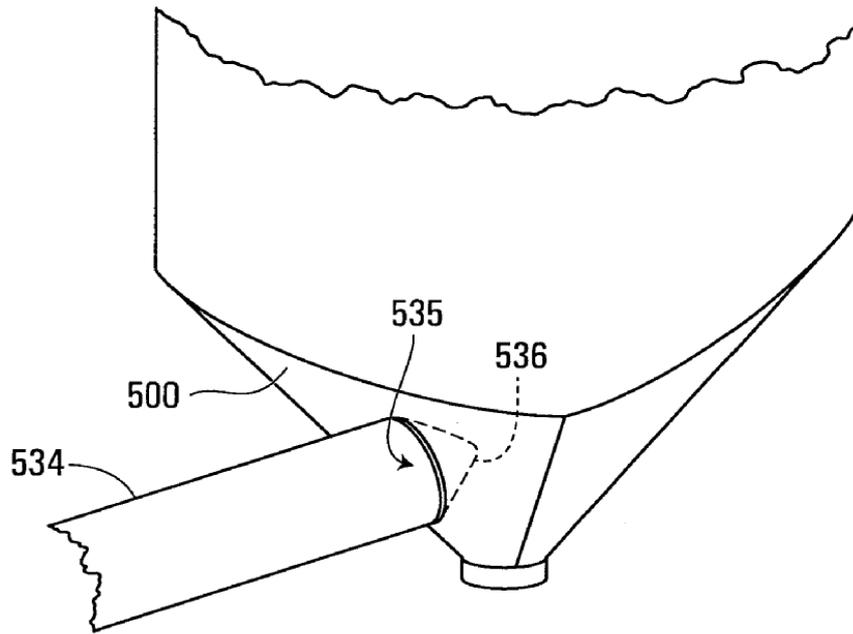


FIG. 5

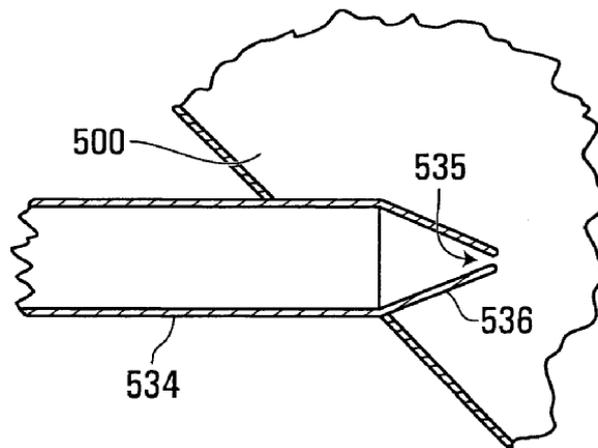


FIG. 6

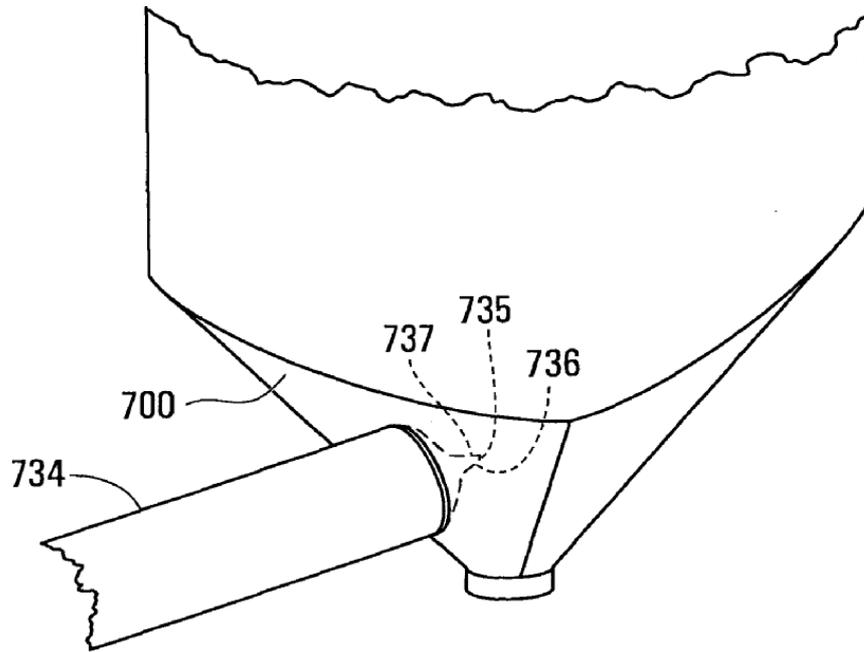


FIG. 7

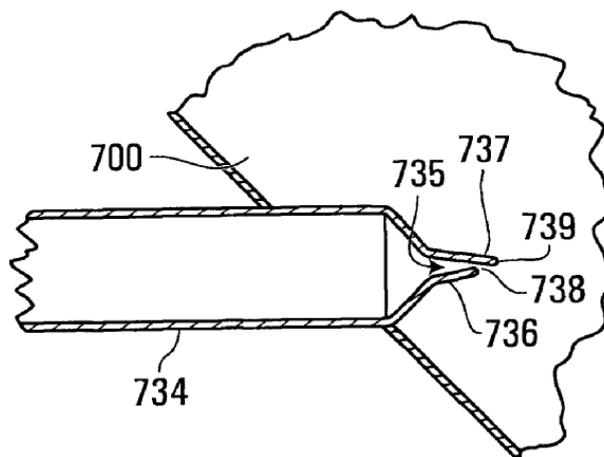


FIG. 8

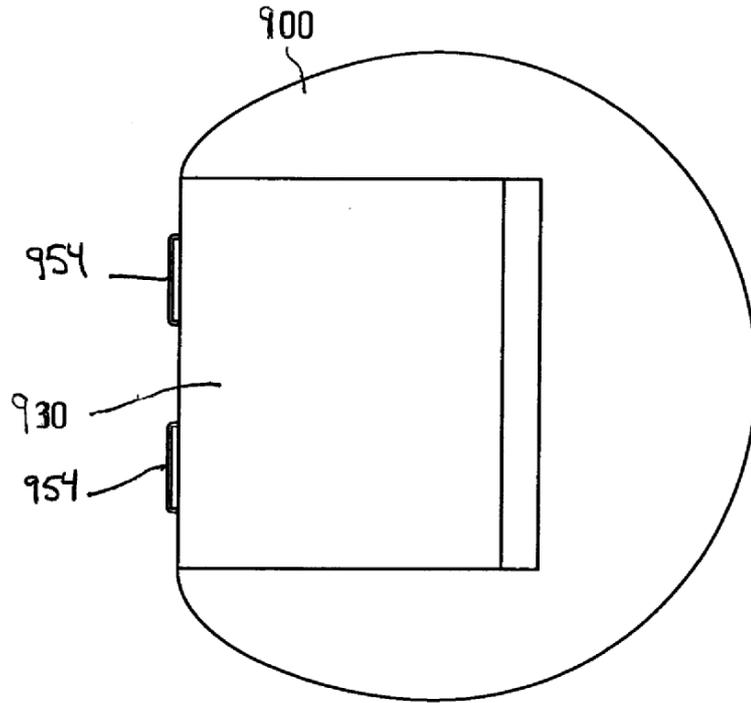


FIG. 9