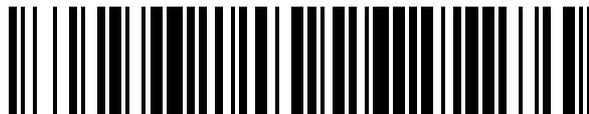


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 247 165**

21 Número de solicitud: 202030560

51 Int. Cl.:

A01M 1/02 (2006.01)

G06M 1/272 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

27.03.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.06.2020

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
(50.0%)**

C/ Jordi Girona, 31

08034 Barcelona ES y

COMERCIAL QUIMICA MASSO, SA (50.0%)

72 Inventor/es:

VILASECA RICART, Meritxell;

DIAZ DOUTON, Fernando;

BURGOS FERNÁNDEZ, Francisco Javier;

GARCIA GUERRA, Carlos Enrique;

VIRGILI OLIVE, Albert y

ZARAGOZA BALLESTE, Abel Antonio

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

54 Título: **DISPOSITIVO PARA EL CONTAJE AUTOMÁTICO DEL NÚMERO DE INSECTOS EN UNA TRAMPA**

ES 1 247 165 U

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO PARA EL CONTAJE AUTOMÁTICO DEL NÚMERO DE INSECTOS EN UNA TRAMPA

Campo de la técnica

- 5 El presente modelo de utilidad concierne a un dispositivo para el conteo automático de insectos, por ejemplo el piojo rojo de California, entre otros, a partir del registro de imágenes en dos o más regiones espectrales diferentes, y al análisis posterior de intensidades en dichas regiones y a propiedades morfológicas de los insectos.

Antecedentes de la invención

- 10 Existen varias técnicas para la detección de insectos en el control de plagas, pero una de las más extendidas consiste en el uso de trampas formadas por láminas de cartón con adhesivo y feromonas para atraer a los insectos y atraparlos. Estas técnicas requieren de una elevada participación humana al realizarse el conteo de los insectos en las trampas de forma manual a partir del recuento de los insectos en base a una cuadrícula que suelen incorporar las trampas y
- 15 la ayuda de algún sistema óptico de aumento (lupa o microscopio) para facilitar dicha tarea.

- En la actualidad, existen también instrumentos comerciales basados en cámaras que realizan la tarea de detección de forma más automatizada, tal y como el Trapview [1], el dispositivo DTN Smart Trap [2] y/o la trampa Semios [3], pero todos estos instrumentos están enfocados, principalmente, a insectos del orden de los lepidópteros, coleópteros y artrópodos, los cuales
- 20 tienen un tamaño relativamente grande (de varios centímetros).

Asimismo, se conocen algunas patentes y/o solicitudes de patente en el estado de la técnica.

- Por ejemplo, la solicitud de patente CN107484732A [4] da a conocer un dispositivo y una metodología para controlar plagas mediante el uso de luz visible (400 nm – 700 nm) y mediante la medición del espectro emitido por los insectos gracias a un sensor óptico sin formar imagen,
- 25 por lo tanto, sin resolución espacial. La fuente de luz también se utiliza para matar a los insectos.

- La solicitud de patente US20190000059-A1 [5] describe varias técnicas espectrométricas para la detección de insectos como mosquitos, moscas y chinches. Estas consisten en la utilización de iluminación estroboscópica, láseres, espectrómetros y cámaras combinadas con
- 30 procesadores de diferente tipo para la identificación de los insectos.

La solicitud de patente GB2480496-A [6] se centra principalmente en el control de plagas de un ácaro (*Varroa mite*) que afecta a las colmenas de abejas. El dispositivo descrito utiliza iluminación multiespectral basada en diodos emisores de luz (LEDs, del inglés *Light Emitting Diodes*) en el rango de 450 nm a 1000 nm y una cámara tipo CCD (*Charge Coupled device*).

5 Además, emplea un láser (650 nm - 1000 nm) para eliminar las plagas.

La solicitud de patente CN106489876-A [7] da a conocer un sistema hiperespectral de imagen por escaneo para detectar gusanos dentro de granos de arroz. También incorpora elementos para eliminar la plaga.

Referencias:

- 10 [1] EP3482630 "Method, system and computer program for performing a pest forecast".
[2] <https://www.dtn.com/agriculture/agribusiness/dtn-smart-trap/>.
[3] US2019364871A1 "Arthropod trapping apparatus and method".
[4] CN107484732A "Device and method for full-automatically counting number of culled insects in field and culling insects in field".
- 15 [5] US20190000059 "Automated multispectral detection, identification and remediation of pests and disease vectors".
[6] GB2480496 "Method and apparatus for the monitoring and control of pests in honeybee colonies".
[7] CN106489876 "High-spectral-imaging-based field pest monitoring and trapping device".

Exposición de la invención

20 Ejemplos de realización del presente modelo de utilidad proporcionan un dispositivo para el conteo automático del número de insectos en una trampa. El dispositivo incluye una trampa que contiene una serie de objetos pegados a la misma, en donde los objetos incluyen insectos de uno o varios tipos, y opcionalmente otras partículas; uno o más dispositivos de iluminación para emitir luz hacia la trampa, o hacia una porción de la trampa, en al menos un rango

25 espectral; un sistema de adquisición, operativamente conectado a dichos uno o más dispositivos de iluminación, para adquirir una pluralidad de imágenes de la trampa, o de la porción de la trampa, en donde la pluralidad de imágenes se adquieren para al menos dos rangos espectrales diferentes; y una unidad de computación que incluye uno o más procesadores y al menos una memoria.

30 El citado procesador/procesadores está/n adaptado/s para contar el número de insectos de un primer tipo de dichos insectos incluidos en la trampa, o porción de la trampa, mediante la detección y discriminación de los insectos de dicho primer tipo teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los mismos.

En un ejemplo de realización preferido, el dispositivo se utiliza para realizar el contaje del piojo rojo de California. En este caso, el primer rango espectral está comprendido entre 300-500 nm y el segundo rango espectral está comprendido entre 600-900 nm. Preferiblemente 405 nm y 770 nm, respectivamente.

- 5 En un ejemplo de realización, el dispositivo incluye también uno o más polarizadores situados frente al sistema de adquisición.

De igual modo, el dispositivo puede incluir también un polarizador delante de cada dispositivo de iluminación.

- 10 En un ejemplo de realización, el dispositivo incluye también un sistema de escaneo, operativamente conectado a dicho uno o más dispositivos de iluminación y/o al sistema de adquisición, para realizar un barrido secuencial de otras porciones de la trampa. Por ejemplo, el sistema de escaneo puede consistir en un desplazador lineal operado por un dispositivo electromecánico, tal y como un motor paso a paso.

- 15 El sistema de adquisición puede comprender una o más cámaras, por ejemplo cámaras CCD o CMOS, entre otras. La unidad de computación puede comprender un ordenador, un servidor, una tableta, un dispositivo de comunicación móvil inteligente o cualquier otro elemento hardware programable.

- 20 En un ejemplo de realización, el dispositivo o los dispositivos de iluminación esta/están sujeto/s al sistema de adquisición mediante un elemento de soporte, por ejemplo mediante un elemento circular en forma de anillo, entre otros.

La invención permite mejorar la eficiencia del control integrado de plagas, por ejemplo, en la producción de cítricos, al mejorar la precisión y la rapidez en la detección de los insectos.

Breve descripción de los dibujos

- 25 Las anteriores y otras características y ventajas se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización, meramente ilustrativa y no limitativa, con referencia a los dibujos que la acompañan, en los que:

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo para el contaje automático de insectos en una trampa, según un ejemplo de realización de la presente invención.

- 30 La Fig. 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un método para el contaje automático del piojo rojo de California en una trampa.

La Fig. 3 muestra las imágenes de reflectancia de una región de una trampa a dos rangos espectrales correspondientes a longitudes de onda cortas (izquierda) y longitudes de onda largas (derecha).

5 La Fig. 4 ilustra un ejemplo de la máscara 1 resultante de la aplicación del primer algoritmo. Las zonas blancas corresponden al fondo (valores = 1) y las zonas negras a cuadrícula/insectos/partículas (valores = 0).

10 La Fig. 5 ilustra un ejemplo de la máscara 2 resultante de combinar el primer y segundo algoritmos (en intensidades y en área) para eliminar los insectos distintos al piojo rojo y la cuadrícula a partir de la imagen captada en el rango espectral correspondiente a longitudes de onda más cortas. Las regiones negras (valores = 0) indican los objetos a eliminar correspondientes a insectos y partículas de gran tamaño y la cuadrícula de la trampa.

La Fig. 6 ilustra un ejemplo de una imagen REDIN una vez aplicada la máscara de la Fig. 5.

La Fig. 7 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de un método para el contaje automático del piojo rojo de California en una trampa.

15 Descripción detallada de la invención y de unos ejemplos de realización

La presente invención proporciona un dispositivo para realizar el contaje automático de insectos, en particular del piojo rojo de California, en una trampa en base a la obtención y análisis de información espectral y morfológica.

20 En la siguiente descripción, a efectos de explicación, se describen numerosos detalles específicos para el contaje del piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii* o *redscale*), con el fin de proporcionar una comprensión completa de la invención. De cualquier modo, debe entenderse que, para el contaje de otros insectos diferentes al piojo rojo, el orden de las diferentes etapas implementadas por la unidad de computación y/o los rangos y parámetros descritos pueden modificarse sin apartarse del ámbito de protección de la presente invención.

25 En particular, los rangos espectrales correspondientes al piojo rojo son de 300 nm a 500 nm (primer rango espectral) y de 600 nm a 900 nm (segundo rango espectral), aproximadamente.

30 Con referencia a la Fig. 1, en la misma se muestra un ejemplo de realización del dispositivo propuesto. Según este ejemplo de realización, el dispositivo comprende una trampa 13; un sistema de adquisición 10; dos dispositivos de iluminación 11; polarizadores 15 dispuestos frente al sistema de adquisición y a los dispositivos de iluminación 11; un sistema de escaneo

16; y una unidad de computación 14 para ejecutar/implementar algoritmos basados en visión por computador sobre las imágenes adquiridas teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos del insecto a detectar.

5 En el ejemplo particular de la Fig. 1, el sistema de adquisición 10 está formado por al menos una cámara, por ejemplo una cámara CCD o CMOS. Los dos dispositivos de iluminación 11, multiplexada, comprenden fuentes de luz que emiten en, al menos, una banda o rango espectral del espectro electromagnético, por ejemplo diodos emisores de luz LED. Indicar que el dispositivo propuesto únicamente necesita incorporar un dispositivo de iluminación 11 configurado para emitir en al menos dos rangos espectrales diferentes. Es decir, en otros
10 ejemplos de realización, en este caso no ilustrados, el dispositivo de iluminación únicamente incluye una fuente de luz 11.

La unidad de computación 14 puede comprender un ordenador, un servidor, una tableta, un dispositivo de comunicación móvil inteligente, etc. En un ejemplo de realización, la unidad de computación 14 está integrada en el propio dispositivo. Alternativamente, la unidad de
15 computación puede ser remota al dispositivo. La unidad de computación 14 puede comunicarse con el sistema de adquisición 10 bien inalámbricamente o mediante cable.

El sistema de escaneo 16 puede implementarse mediante un desplazador lineal, entre otros, por ejemplo, accionado u operado por un motor paso a paso. El sistema de escaneo 16 permite evaluar trampas 13 de grandes dimensiones de forma secuencial.

20 Indicar que los polarizadores 15 y sistema de escaneo 16 son opcionales en el dispositivo propuesto. En otros ejemplos de realización el dispositivo propuesto puede no incluirlos o puede incluir únicamente uno de ellos.

En un ejemplo de realización, el dispositivo/s de iluminación 11 (y opcionalmente los polarizadores 15 asociados al mismo/s) está/n sujeto/s al sistema de adquisición 10 mediante
25 un mecanismo de soporte, por ejemplo mediante un bloque circular en forma de anillo.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de la metodología implementada por el dispositivo propuesto para realizar el contaje del piojo rojo de California. El sistema de adquisición 10 adquiere una serie de imágenes de la trampa 13, o de una porción de la trampa 13, una vez que la trampa 13, o porción de la misma, se ha iluminado, de forma uniforme, bajo, al menos, los dos rangos
30 espectrales descritos anteriormente.

La geometría de medida (iluminación/observación) puede variar para evitar reflejos indeseados sobre las imágenes. Ésta puede consistir, por ejemplo, en iluminar y realizar la captura en la

dirección perpendicular a la muestra, es decir, en la dirección normal ($d/0^\circ$ = iluminación difusa/captura a 0°); o, en otro ejemplo, en iluminar a ángulos más inclinados con respecto a la dirección normal para evitar que los reflejos entren al sistema de adquisición 10, tal y como se muestra en la Fig. 1, en la que la iluminación se realiza posicionando las fuentes de luz 11 a 45°

5 aproximadamente con respecto a la normal. En lugar de variar la geometría de medida, se pueden utilizar los citados polarizadores 15 frente al dispositivo(s) de iluminación 11 y/o al sistema de adquisición 10, variando la posición relativa de sus ejes de polarización para disminuir los reflejos especulares en las imágenes. En concreto, la situación en la que los reflejos especulares se minimizan es cuando los ejes de los polarizadores 15 son

10 perpendiculares entre sí.

Posteriormente a la adquisición de las imágenes, se procede a la detección y contaje del piojo rojo. A tal fin, en primer lugar se procede a la detección y posterior eliminación de los insectos de la trampa 13 que no son piojos rojos (en general, de mayor tamaño), y opcionalmente, de la cuadrícula de la trampa 13 (a menudo, las trampas contienen una cuadrícula oscura para

15 facilitar el recuento de los insectos de forma manual y con la ayuda de un sistema óptico de aumento) a partir de las características de intensidad y morfología de los insectos (u otras partículas pegadas, por ejemplo polvo) en las imágenes. Para ello, se ejecuta un primer algoritmo que aplica un umbral de intensidad a al menos una de las imágenes adquiridas en uno de los dos rangos espectrales (particularmente, el rango correspondiente a longitudes de

20 onda más cortas ya que es el que presenta mayor contraste entre los insectos y el fondo de la trampa).

El citado umbral de intensidad se puede obtener, por ejemplo, aplicando el método de Otsu, que se basa en un análisis discriminante del histograma de la imagen en intensidades (niveles digitales). Esto es, se establece un límite en intensidad para diferenciar entre el fondo blanco y

25 los objetos (cuadrícula/insectos/partículas) sobre este, que son más oscuros (esto es, la cuadrícula (si existe), todos los insectos incluido el piojo rojo y otras partículas); los valores de la imagen por encima de este umbral se consideran que pertenecen al fondo y los que se encuentran por debajo que pertenecen a la cuadrícula/insectos/partículas. Así, se obtiene una primera máscara con valores igual a 1 para los píxeles correspondientes al fondo e igual a 0

30 para los píxeles en que hay objetos (Fig. 4).

Otros métodos alternativos al método de Otsu son los métodos de la entropía o de k-medias, entre otros.

Para conservar en la imagen al piojo rojo y eliminar al resto de insectos de mayor tamaño y, opcionalmente la cuadrícula, se aplica un segundo algoritmo sobre la primera máscara. Se

establece un valor de área en número de píxeles y se mantienen en la máscara todos aquellos objetos por encima de ese valor, el cual se establece por encima del tamaño del piojo rojo. La Fig. 5 muestra el resultado de este proceso para una región de la trampa 13. Comparando la Fig. 5 con la Fig. 4, se observa que los objetos de menor tamaño, como el piojo rojo, no están considerados en esta segunda máscara para así no eliminarlos de las imágenes.

A menudo, el filtrado consistente en la aplicación del primer y segundo algoritmos (intensidad y área) no es suficiente puesto que hay objetos del tamaño del piojo rojo que no se eliminan de forma efectiva como, por ejemplo, partes de insectos que se han fragmentado y partículas que flotan en el aire (polvo, fragmentos de plantas, etc.) de tamaños similares. Para la eliminación de éstos, el método propuesto comprende además calcular un parámetro que relaciona un valor de intensidad de las dos imágenes adquiridas en base en su rango espectral. Para cuantificar dicha relación, denominada REDIN, en un ejemplo de realización, se aplica la siguiente expresión píxel a píxel en las imágenes adquiridas:

$$REDIN(i, j) = \frac{I_{\Delta\lambda_2}(i, j)}{I_{\Delta\lambda_1}(i, j)},$$

donde $I_{\Delta\lambda_1}(i, j)$ e $I_{\Delta\lambda_2}(i, j)$ son las intensidades de los píxeles (i, j) de las imágenes adquiridas en el rango espectral correspondiente a las longitudes de onda cortas y largas, respectivamente; $REDIN(i, j)$ es la imagen resultante que contiene los valores de la división de las intensidades de las imágenes a dichas longitudes de onda. Además, a esta imagen (REDIN) se le aplica la segunda máscara mostrada en la Fig. 5.

La Fig. 6 muestra un ejemplo de la imagen *REDIN* una vez aplicadas las máscaras, donde se aprecian mayoritariamente los piojos rojos con elevada intensidad (puntos blancos), mientras que los otros insectos, y opcionalmente la cuadrícula, han sido eliminados (zonas negras).

Una vez calculada la imagen REDIN y aplicadas las máscaras mencionadas, se define un nuevo umbral en base a propiedades espectrales que permitan distinguir los piojos rojos de otros insectos. Para ello se ejecuta un tercer algoritmo que establece un umbral de intensidad sobre REDIN para localizar con más precisión a los piojos rojos. En un ejemplo de realización, se establece un valor umbral de 3. Por lo tanto, los objetos de la trampa 13, o porción de la trampa 13, con un valor de parámetro REDIN ≥ 3 son considerados como piojo rojo.

Con referencia ahora a la Fig. 7, en la misma se muestra otro ejemplo de la metodología implementada por el dispositivo propuesto para el conteo del piojo rojo de California. Adicionalmente a las etapas descritas en la Fig. 2, en este ejemplo de realización, el tercer

algoritmo comprende además aplicar un umbral de conectividad de píxel para considerar si un insecto es piojo rojo o no y establecer un rango de área asociado al piojo rojo, esto es, en base a propiedades morfológicas de los insectos a detectar. En un ejemplo de realización, se establece un umbral de conectividad de 8. Por lo tanto, tras la aplicación del tercer algoritmo, los píxeles con un valor de REDIN ≥ 3 y una conectividad de 8 serán considerados piojos rojos si presentan un área dentro del rango establecido. La conectividad se aplica a cada píxel y se evalúa si este y sus 8 píxeles vecinos presentan un valor de REDIN igual o por encima del umbral establecido; si lo cumplen y juntos forman un área dentro del rango establecido, se cuentan como piojo rojo y si no, se descartan.

Igualmente, también se filtran los objetos detectados de forma errónea como piojos rojos debido a presentar un tamaño similar. Para ello se aplica un cuarto algoritmo basado en la excentricidad. De este modo, se eliminan restos alargados de insectos como suelen ser las patas (excentricidad máxima ~ 1). La excentricidad se define como la razón de la distancia entre el foco de una elipse y su eje mayor, con valores comprendidos entre 0 (círculo) y 1 (línea). En un ejemplo de realización, se eliminan de la imagen los objetos más alargados, con una excentricidad por encima de 0.95, a los que se asigna una intensidad o valor digital mínimo (0) mientras que al resto de píxeles se les asigna un valor máximo (1).

En un ejemplo de realización, previamente al procesado de las imágenes adquiridas para realizar el conteo de los insectos, es necesario acondicionar las mismas para que sus niveles de intensidad sean comparables. En una primera aproximación, esto se puede conseguir mediante el siguiente cálculo de reflectancias a partir de los valores de intensidad de cada píxel de las imágenes capturadas:

$$I_F(i, j) = k \cdot \frac{I(i, j) - I_D(i, j)}{I_W(i, j) - I_D(i, j)}$$

donde $I_F(i, j)$, $I(i, j)$, $I_D(i, j)$, $I_W(i, j)$ son las intensidades de los píxeles (i, j) de la imagen final acondicionada, una imagen original de la trampa 13, una imagen oscura tomada con el dispositivo(s) de iluminación 11 apagado(s) y una imagen de un blanco de referencia (muestra blanca con una elevada reflectancia espectral en todas las longitudes de onda), respectivamente. El uso de la imagen oscura permite eliminar el posible ruido generado por la electrónica del sistema de adquisición 10. Por otro lado, la captura de la imagen del blanco de referencia se utiliza para compensar las pequeñas no uniformidades de la iluminación en el plano de la trampa 13. La calibración del blanco de referencia en términos de reflectancia espectral (o equivalente) se incluye en k . Esta expresión se aplica para cada una de las imágenes captadas a los diferentes rangos espectrales considerados.

Como alternativa a esta primera aproximación, se puede prescindir de la medida del blanco de referencia y de la imagen oscura aunque, para garantizar que las diferencias en términos de intensidad entre las imágenes adquiridas (en crudo) a diferentes longitudes de onda se deben a los insectos en sí, es necesario realizar una calibración inicial del sistema de adquisición 10 que
5 consiste en fijar los parámetros de adquisición (tiempo de exposición, apertura del objetivo, etc.) iguales para todos los rangos espectrales (longitudes de onda) utilizados y ajustar la emisión de cada dispositivo de iluminación 11 de forma que el nivel digital promedio de la imagen de una muestra blanca uniforme sea el mismo cuando se ilumina la trampa 13 a las diferentes longitudes de onda. Con el mismo objetivo, otra alternativa es fijar la emisión del dispositivo(s)
10 de iluminación 11 pero variar los parámetros de adquisición del sistema de adquisición 10 (por ejemplo, el tiempo de exposición) para cada uno de los rangos espectrales empleados.

El alcance de la presente invención está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para el contaje automático del número de insectos en una trampa, comprende:
una trampa (13) que contiene una serie de objetos pegados a la misma, en donde los objetos incluyen insectos de uno o varios tipos, y opcionalmente otras partículas;
5 uno o más dispositivos de iluminación (11) configurados para emitir luz hacia la trampa (13), o hacia una porción de la trampa (13), en al menos un rango espectral;
un sistema de adquisición (10), operativamente conectado a dicho uno o más dispositivos de iluminación (11), y configurado para adquirir una pluralidad de imágenes de la trampa (13), o de la porción de la trampa (13), en donde la pluralidad de imágenes se adquieren
10 para al menos dos rangos espectrales diferentes; y
una unidad de computación (14) que incluye uno o más procesadores y al menos una memoria, en donde dichos uno o más procesadores están adaptados para contar el número de insectos de un primer tipo de dichos insectos incluidos en la trampa (13), o porción de la trampa (13), mediante la detección y discriminación de los insectos de dicho primer tipo teniendo en
15 cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los mismos.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además uno o más polarizadores (15) dispuestos frente al sistema de adquisición (10).
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, que comprende además un polarizador (15) dispuesto frente a cada dispositivo de iluminación (11).
- 20 4. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un sistema de escaneo (16), operativamente conectado a dicho uno o más dispositivos de iluminación (11) y/o al sistema de adquisición (10), para realizar un barrido secuencial de otras porciones de la trampa (13).
5. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de
25 adquisición (10) comprende al menos una cámara.
6. El dispositivo según la reivindicación 1, en donde dicho uno o más dispositivos de iluminación (11) esta/están sujeto/s al sistema de adquisición (10) mediante un elemento de soporte.
7. El dispositivo según la reivindicación 4, en donde el sistema de escaneo (16) comprende un desplazador lineal operado por un dispositivo electromecánico.

8. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer tipo de insectos es el piojo rojo de California y en donde el primer rango espectral está comprendido entre 300-500 nm y el segundo rango espectral está comprendido entre 600-900 nm.

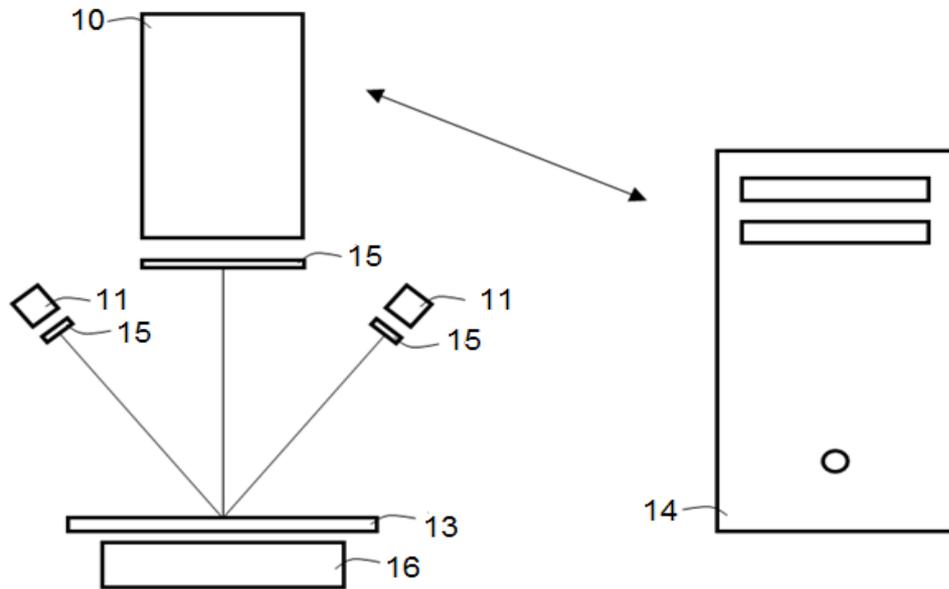


Fig. 1

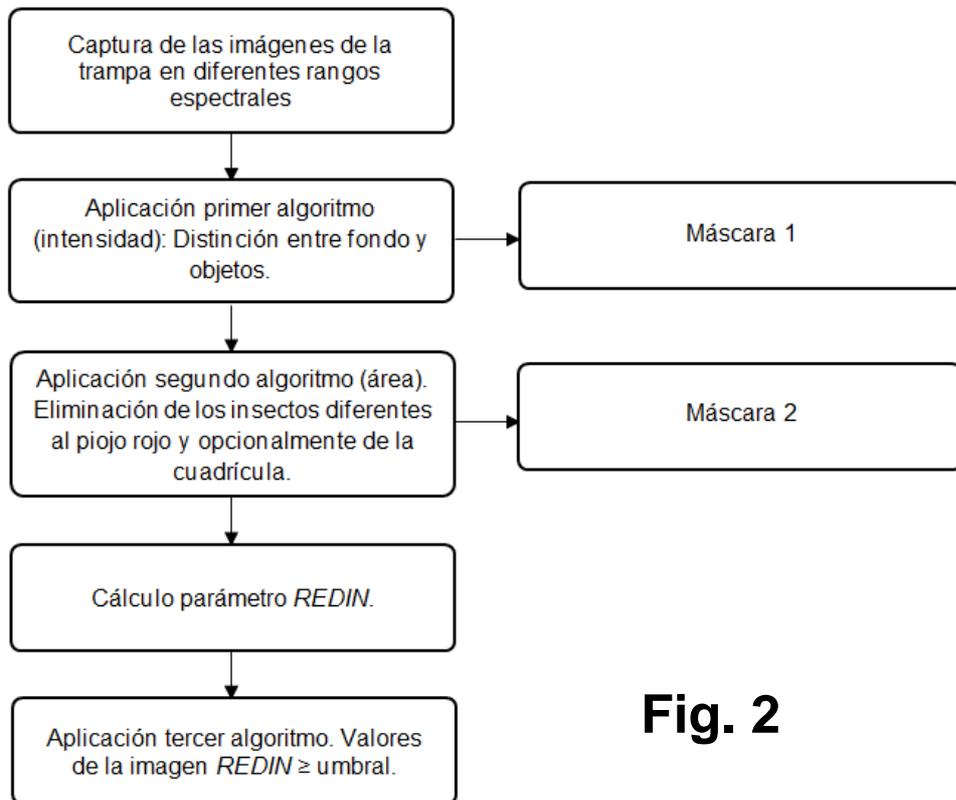


Fig. 2

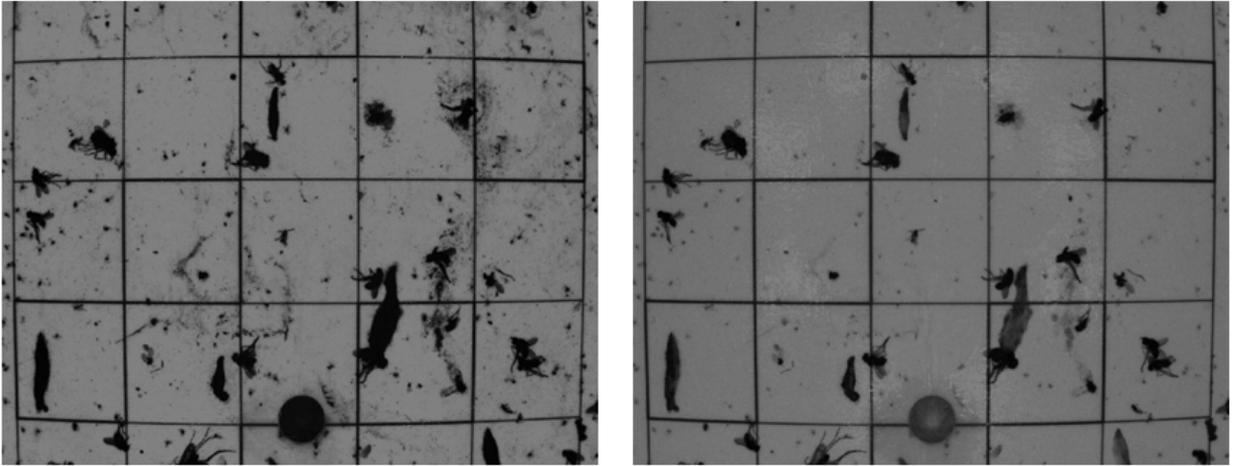


Fig. 3

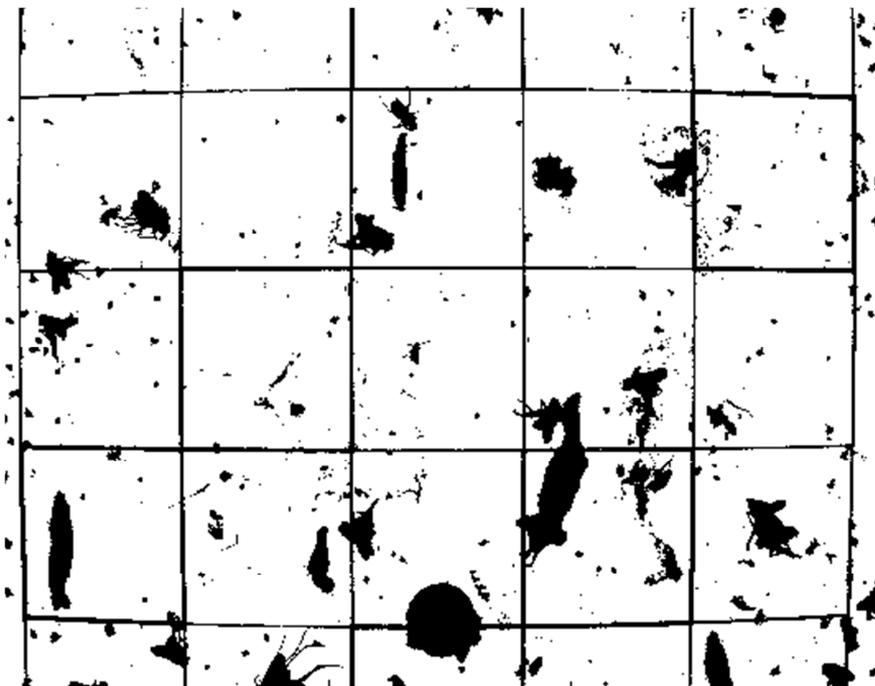


Fig. 4

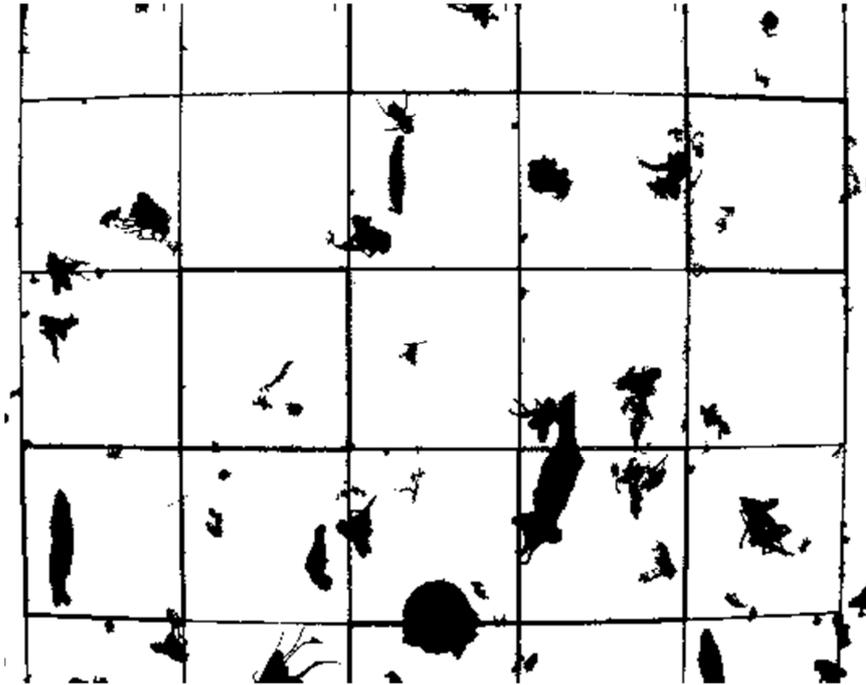


Fig. 5

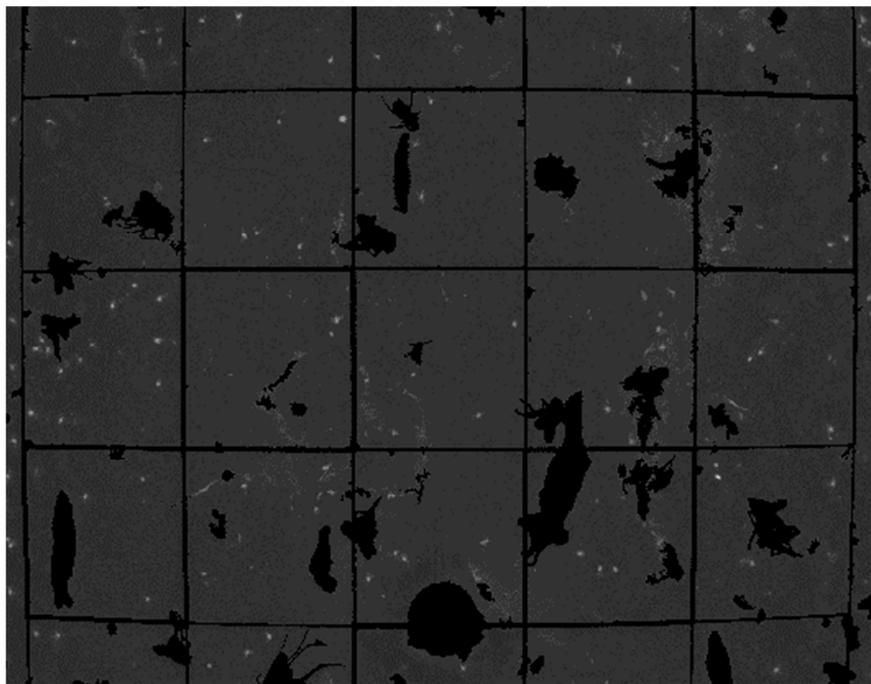


Fig. 6

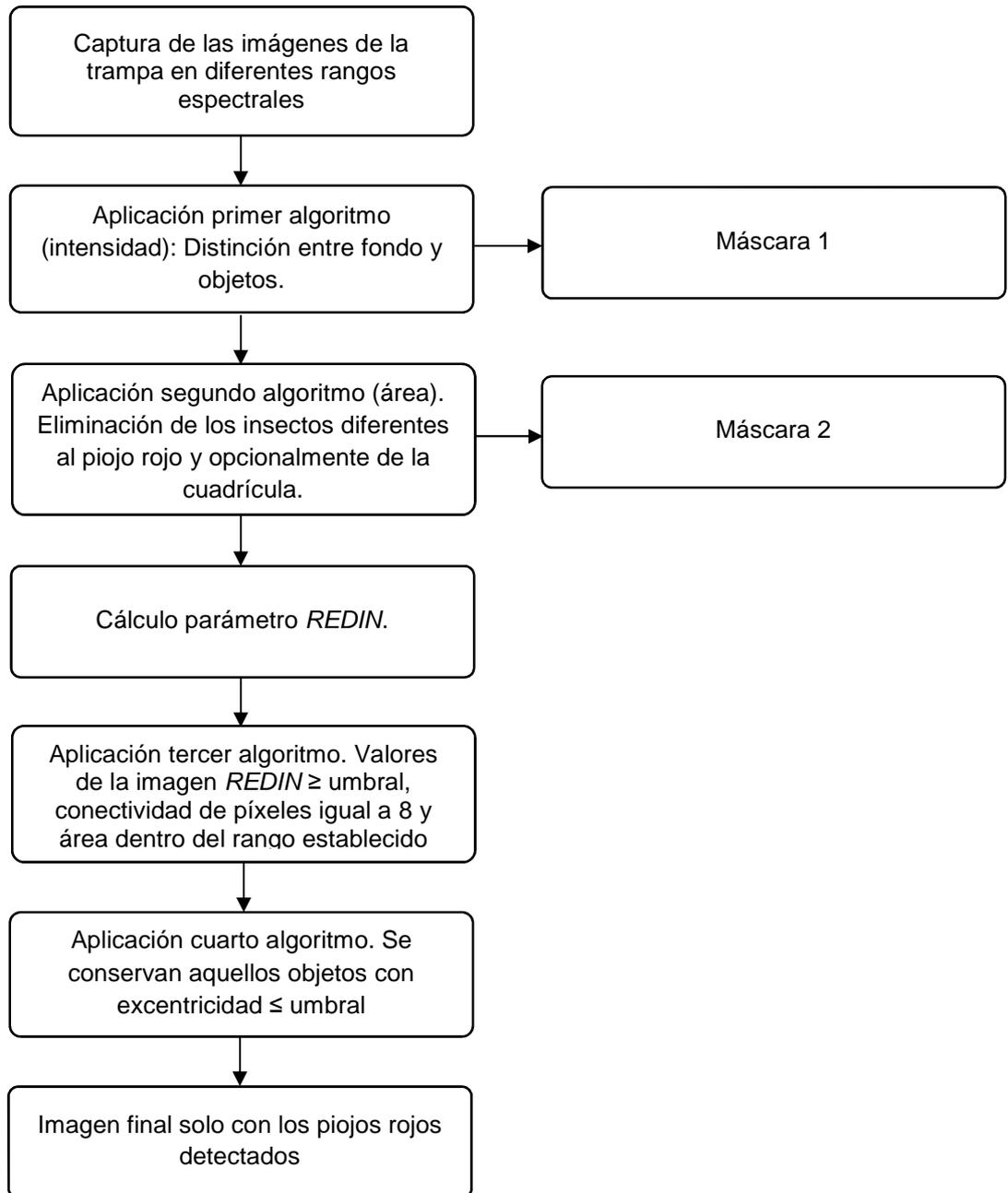


Fig. 7