

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 765**

51 Int. Cl.:

G06V 20/52	(2012.01)
G06V 10/143	(2012.01)
G06V 10/28	(2012.01)
G06V 10/30	(2012.01)
G06V 40/10	(2012.01)
G06V 20/66	(2012.01)
G06T 7/11	(2007.01)
G06T 7/136	(2007.01)
G06T 7/174	(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2021 PCT/EP2021/056775**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2021 WO21191012**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2021 E 21711892 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2023 EP 4128018**

54 Título: **Procedimiento, sistema y programas de ordenador para el recuento automático del número de insectos en una trampa**

30 Prioridad:

27.03.2020 EP 20382241

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.04.2024

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (50.0%)
C/Jordi Girona 31
08034 Barcelona, ES y
COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ S.A. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**VILASECA RICART, MERITXELL;
DÍAZ DOUTÓN, FERNANDO;
BURGOS FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER;
GARCÍA GUERRA, CARLOS ENRIQUE;
VIRGILI OLIVE, ALBERT y
ZARAGOZA BALLESTÉ, ABEL ANTONIO**

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 966 765 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento, sistema y programas de ordenador para el recuento automático del número de insectos en una trampa

5 Campo de la invención

La presente invención versa, en general, acerca de técnicas para el recuento automático de insectos en trampas. En particular, la invención versa acerca de un procedimiento, un sistema y programas de ordenador para el recuento automático de insectos, por ejemplo, la cochinilla roja de California, entre otros, a partir de la adquisición de imágenes espectrales en dos o más regiones espectrales casi monocromáticas distintas por medio de un sistema de formación de imágenes espectrales, y el análisis subsiguiente de intensidades en dichas regiones y de propiedades morfológicas de los insectos.

15 Antecedentes de la invención

Existen varias técnicas para la detección de insectos en un control de plagas, pero una de las más extendidas consiste en el uso de trampas formadas por planchas de cartón con adhesivo y feromonas para atraer a los insectos y atraparlos. Estas técnicas requieren una intervención significativa del ser humano, dado que el recuento de los insectos en las trampas es llevado a cabo manualmente a partir del recuento de los insectos en función de una cuadrícula que normalmente incluyen las trampas y la ayuda de algún sistema de amplificación óptica (lupa o microscopio) para hacer más sencilla dicha tarea.

En la actualidad, también existen instrumentos comerciales basados en cámaras que llevan a cabo la tarea de detección de una forma más automática, tales como Trapview [1], el dispositivo Smart Trap de DTN [2] y/o la trampa Semios [3], pero todos estos instrumentos están centrados principalmente en insectos de los órdenes *Lepidoptera*, *Coleoptera* y *Arthropoda*, que tienen un tamaño relativamente grande (de varios centímetros).

Además, en la técnica se conocen algunas patentes y/o solicitudes de patente.

30 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 al sensor óptico sin formar una imagen; por lo tanto, sin resolución espacial. También se utiliza la fuente de luz para matar los insectos.

35 La solicitud de patente US20190000059-A1 [5] describe diversas técnicas espectrométricas para la detección de insectos tales como mosquitos, moscas y chinches. Estas consisten en el uso de iluminación estroboscópica, láseres, espectrómetros y cámaras en combinación con distintos tipos de procesadores para la identificación de los insectos. La solicitud de patente GB2480496-A [6] se centra principalmente en el control de plagas de un ácaro (ácaro *Varroa*) que afecta a las colmenas. El dispositivo descrito utiliza iluminación multiespectral basada en diodos emisores de luz (LED) en el intervalo desde 450 nm hasta 1000 nm y una cámara de tipo CCD (dispositivo de carga acoplada). Además, se utiliza un láser (650 nm - 1000 nm) para eliminar las plagas.

45 La solicitud de patente CN106489876-A [7] da a conocer un sistema hiperespectral de imágenes derivadas de barrido para detectar gusanos en granos de arroz. También incluye elementos para eliminar la plaga.

La solicitud de patente US20190034736-A1 [8] da a conocer un sistema y un procedimiento para identificar el número de insectos en un área hortícola. Tal sistema comprende una cámara digital para captar imágenes del área hortícola, un procesador del dispositivo y un medio no transitorio legible por ordenador que almacena instrucciones ejecutables por el procesador del dispositivo para captar, utilizando la cámara digital, una primera imagen digital de un área hortícola que contiene una trampa de insectos, aislar una porción de la primera imagen digital utilizando los parámetros de detección de la trampa, correspondiendo la porción de la primera imagen digital con la trampa de insectos, llevar a cabo una detección automatizada de partículas en la porción de la primera imagen digital según los parámetros de detección de insectos para identificar regiones de píxeles en la porción de la primera imagen digital que tienen el color de reconocimiento de insectos y que superan criterios de filtrado, determinar una cardinalidad de insectos en el primer objeto basándose en un número de regiones de píxeles identificadas, almacenar la cardinalidad de insectos en asociación con la primera imagen digital y proporcionar la cardinalidad de insectos para su visualización en una interfaz gráfica de usuario.

60 Referencias:

[1] EP3482630 "Method, system and computer programme for performing a pest forecast".

[2] <https://www.dtn.com/agriculture/agribusiness/dtn-smart-trap/>.

65 [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".

[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".

[8] US20190034736A1 "System and Method for Identifying a Number of Insects in a horticultural Area".

Sumario de la invención

Las realizaciones de la presente invención proporcionan, según un primer aspecto, un procedimiento para el recuento automático del número de insectos en una trampa. El procedimiento comprende la adquisición, mediante un sistema de adquisición, de una pluralidad de imágenes espectrales de una trampa, o de una porción de la trampa. Las imágenes espectrales son adquiridas para al menos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, un primer intervalo espectral casi monocromático y un segundo intervalo espectral casi monocromático, después de haber iluminado secuencialmente (es decir, una iluminación multiplexada) la trampa, o una porción de la trampa, con luz en dichos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos. La trampa, o la porción de la trampa, contiene una serie de objetos adheridos a la misma, por ejemplo, uno o varios tipos de insectos, y opcionalmente otras partículas, generalmente pétalos, hojas, polvo u otros tipos de suciedad.

En particular, el segundo intervalo espectral casi monocromático comprende mayores longitudes de onda que el primer intervalo espectral.

Además, el procedimiento comprende el recuento, mediante al menos un procesador, del número de insectos de un primer tipo de dichos insectos incluidos en la trampa, o una porción de la trampa, mediante la detección y la diferenciación de los insectos de dicho primer tipo, teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los mismos.

En particular, el primer tipo de insectos es la cochinilla roja de California, que tiene un tamaño muy pequeño (aproximadamente 1 mm² y con una forma aproximadamente circular). En este caso particular, el primer intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 300-500 nm y el segundo intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 600-900 nm.

En una realización, el recuento comprende ejecutar un primer algoritmo en al menos una de las imágenes espectrales adquiridas en uno de los dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos aplicando un umbral de intensidad a dicha imagen espectral, proporcionando una primera máscara como resultado con valores iguales a 1 para los píxeles de la imagen correspondientes al fondo e iguales a 0 para los píxeles de la imagen que comprenden objetos; ejecutar un segundo algoritmo en dicha primera máscara aplicando un umbral de área a un número de áreas de la primera máscara con valores iguales a 0 y asignar un valor de 1 a las áreas con un valor de área inferior a dicho umbral de área, proporcionando una segunda máscara como resultado; calcular un parámetro, denominado REDIN, que relaciona un valor de intensidad de las dos imágenes espectrales adquiridas en función de su intervalo espectral, aplicándose el parámetro REDIN píxel a píxel en las imágenes espectrales adquiridas, obteniendo una imagen REDIN como resultado; aplicar la segunda máscara sobre la imagen REDIN obtenida, proporcionando una nueva imagen; y ejecutar un tercer algoritmo en dicha nueva imagen proporcionada, considerándose insectos de dicho primer tipo los objetos de la trampa, o porción de la trampa, con un valor del parámetro REDIN superior o igual a un valor umbral establecido.

El primer algoritmo puede comprender los procedimientos de Otsu, de entropía o de k-medias, entre otros. En particular, el primer algoritmo es llevado a cabo utilizando la imagen espectral correspondiente al primer intervalo espectral casi monocromático.

En una realización, el tercer algoritmo también comprende aplicar un umbral de conectividad de píxeles sobre la nueva imagen proporcionada y utilizar dicho umbral de conectividad de píxeles para considerar si un insecto es del primer tipo o no.

En una realización, el procedimiento también comprende ejecutar un cuarto algoritmo, en función de la excentricidad, comprendiendo el procedimiento eliminar de la nueva imagen objetos con un valor de excentricidad superior a un cierto valor umbral de excentricidad.

Antes del recuento de los insectos del primer tipo, se puede aplicar un algoritmo de acondicionamiento/normalización a las imágenes espectrales adquiridas. En una realización, el algoritmo de acondicionamiento comprende calcular las reflectancias del primer tipo de insectos a partir de un número de valores de intensidad a partir de cada píxel de las

imágenes espectrales adquiridas considerando las intensidades de píxel de una imagen espectral original de la trampa, una imagen oscura de la trampa (es decir, adquirida sin luz) y una imagen espectral de una diana de referencia. En otra realización, se lleva a cabo una calibración del sistema de adquisición, antes de la adquisición de la pluralidad de imágenes espectrales, comprendiendo la calibración la configuración de los parámetros de adquisición, y/o de iluminación, para obtener valores de intensidad equivalentes para ambos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos.

En el procedimiento propuesto, la iluminación y la adquisición pueden ser llevadas a cabo en una dirección perpendicular a la trampa, o porción de la trampa, o, de forma alternativa, con un cierto ángulo con respecto a la trampa, o porción de la trampa.

Realizaciones de la presente invención proporcionan, según un segundo aspecto, un sistema para el recuento automático del número de insectos en una trampa. El sistema incluye una trampa que contiene una serie de objetos adheridos a la misma, incluyendo los objetos insectos de uno o varios tipos, y opcionalmente otras partículas tales como polvo, entre otras; uno o más dispositivos de iluminación para emitir luz secuencialmente hacia la trampa, o hacia una porción de la trampa, en al menos un intervalo espectral casi monocromático; un sistema de adquisición, conectado operativamente con dichos uno o más dispositivos de iluminación, para adquirir una pluralidad de imágenes espectrales de la trampa, o de la porción de la trampa, adquiriéndose la pluralidad de imágenes espectrales para al menos dos intervalos espectrales distintos, un primer intervalo espectral casi monocromático y un segundo intervalo espectral casi monocromático, comprendiendo el segundo intervalo espectral casi monocromático longitudes de onda mayores que las longitudes de onda del primer intervalo espectral; y una unidad informática que incluye uno o más procesadores y al menos una memoria, estando adaptados dichos uno o más procesadores 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 la diferenciación de los insectos de dicho primer tipo, teniendo en cuenta los parámetros espectrales y morfológicos de los mismos.

En una realización, el sistema también incluye uno o más polarizadores ubicados delante del sistema de adquisición y/o del dispositivo de iluminación. Además, el sistema también puede incluir un sistema de barrido, conectado operativamente con dichos uno o más dispositivos de iluminación y/o sistema de adquisición, para llevar a cabo un barrido secuencial de otras porciones de la trampa.

En particular, para el recuento de la cochinilla roja de California, el primer intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 300-500 nm y el segundo intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 600-900 nm.

Otras realizaciones de la invención que se divulgan en el presente documento también incluyen productos de programa de ordenador para llevar a cabo las etapas y las operaciones del procedimiento propuesto en el primer aspecto de la invención. Más en particular, un producto de programa de ordenador es una realización que tiene un medio legible por un sistema informático que incluye instrucciones de código codificadas en el mismo, que, cuando son ejecutadas en al menos un procesador de un sistema informático provocan que el procesador lleve a cabo las operaciones especificadas en este documento como realizaciones de la invención.

La invención permite mejorar la eficacia del control integrado de plagas, por ejemplo, en la producción cítrica, mejorando la precisión y la velocidad de detección de los insectos.

Breve descripción de los dibujos

Se comprenderán más claramente las anteriores y otras características y ventajas a partir de la siguiente descripción detallada de un número de realizaciones, que es simplemente ilustrativa y no limitante, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra esquemáticamente un sistema (o dispositivo) para el recuento automático de insectos en una trampa, según una realización de la presente invención.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una realización de un procedimiento para el recuento automático de la cochinilla roja de California en una trampa.

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

La Fig. 4 muestra un ejemplo de la máscara 1 resultante de la aplicación del primer algoritmo. Las áreas blancas se corresponden con el fondo (valores = 1) y las áreas negras se corresponden con una cuadrícula/insectos/partículas (valores = 0).

La Fig. 5 muestra un ejemplo de la máscara 2 resultante de la combinación de los algoritmos primero y segundo (en intensidades y área) para eliminar los insectos distintos de la cochinilla roja y la cuadrícula de la imagen espectral captada en el intervalo espectral correspondiente a longitudes de onda más cortas. Las regiones negras (valores = 0) indican los objetos que han de ser eliminados correspondientes a insectos y partículas de gran tamaño y la cuadrícula de la trampa.

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

La Fig. 7 muestra esquemáticamente otra realización de un procedimiento para el recuento automático de la cochinilla roja de California en una trampa.

Descripción detallada de la invención y de realizaciones preferidas

Se proporcionan un sistema y procedimientos para el recuento automático de insectos, en particular la cochinilla roja de California, en una trampa en función de la adquisición y del análisis de información espectral y morfológica. En la siguiente descripción, a modo de explicación, se explican varios detalles específicos para contar cochinillas rojas de California (*Aonidiella aurantii*, cochinilla roja o piojo rojo), para proporcionar una comprensión cabal de la presente invención. En cualquier caso, se debe comprender que, para contar otros insectos distintos de la cochinilla roja, tales como otros hemípteros, se puede modificar el orden de las distintas etapas implementadas y/o de los intervalos casi monocromáticos y parámetros descritos sin alejarse del alcance de protección de la presente invención.

Con referencia a la Fig. 1, se muestra en la misma una realización del sistema (o dispositivo) propuesto para contar las cochinillas rojas. Según esta realización, el sistema comprende una trampa 13; un sistema de formación de imágenes espectrales que incluye un sistema 10 de adquisición, formado por una o más cámaras monocromáticas, cámaras CCD o CMOS por ejemplo, entre otras, y dispositivos 11 de iluminación multiplexada, en particular fuentes de luz que emite secuencialmente, al menos, en un intervalo o banda espectral casi monocromático del espectro electromagnético, por ejemplo dos diodos emisores de luz LED; y una unidad informática 14, tal como un ordenador, un servidor (físico o basado en nube), una tableta, un dispositivo inteligente de comunicaciones móviles o cualquier otro dispositivo de soporte físico programable, para ejecutar/implementar algoritmos en función de una visualización asistida por ordenador en las imágenes espectrales adquiridas por el sistema 10 de adquisición teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los insectos que han de ser detectados. Debe señalarse que se puede construir la unidad informática 14 en el mismo sistema/dispositivo o puede ser remota al mismo. La unidad informática 14 puede comunicarse con el sistema 10 de adquisición bien inalámbricamente o bien mediante un cable.

Los datos o información calculados por la unidad informática 14 también pueden visualizarse a través de la aplicación de soporte lógico o a través de una página Web, en la propia unidad informática, o en una unidad informática distinta y conectada operativamente/en comunicación con la unidad informática 14.

En particular, los intervalos espectrales casi monocromáticos correspondientes a la cochinilla roja son desde 300 nm hasta 500 nm (primero intervalo espectral casi monocromático) y desde 600 nm hasta 900 nm (segundo intervalo espectral casi monocromático), aproximadamente.

Además, el sistema/dispositivo de la Fig. 1 también incluye polarizadores 15 dispuestos delante del sistema 10 de adquisición y delante de los dispositivos 11 de iluminación; y un sistema 16 de barrido, tal como un desplazador lineal, entre otros, que permite la evaluación secuencial de trampas 13 de grandes dimensiones. Se debe señalar que estos polarizadores 15 y el sistema 16 de barrido son opcionales. En otras realizaciones, el sistema/dispositivo propuesto podría no incluirlos o podría incluir únicamente uno de ellos. Además, también se debe señalar que el sistema/dispositivo propuesto solo necesita incluir un dispositivo 11 de iluminación configurado para emitir secuencialmente en al menos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos.

La Fig. 2 muestra una realización de un procedimiento para contar las cochinillas rojas de California. El procedimiento de esta realización comprende adquirir, por medio del sistema 10 de adquisición, una serie de imágenes espectrales de la trampa 13, o de una porción de la trampa 13. Las imágenes espectrales son adquiridas una vez que se ha iluminado, uniformemente, la trampa 13, o una porción de la misma, al menos, en ambos intervalos espectrales casi monocromáticos descritos anteriormente.

La geometría de medición (iluminación/observación) puede variar para evitar reflejos no deseados en las imágenes. Esto puede consistir, por ejemplo, en la iluminación y en la realización de la captura en una dirección perpendicular a la muestra, es decir, en la dirección normal ($d/0^\circ$ = iluminación difusa/captura a 0°); o, en otro ejemplo, en la iluminación con mayores ángulos con respecto a la dirección normal para evitar que los reflejos entren en el sistema 10 de adquisición, tal como se muestra en la Fig. 1, en la que se lleva a cabo la iluminación situando las fuentes 11 de luz a aproximadamente 45° con respecto a la normal. En vez de variar la geometría de medición, se pueden utilizar dichos polarizadores 15 delante del o de los dispositivos 11 de iluminación y/o delante del sistema 10 de adquisición, variando la posición relativa de sus ejes de polarización para reducir los reflejos especulares en las imágenes. En particular, la

situación en la que se minimizan los reflejos especulares es cuando los ejes de los polarizadores 15 son perpendiculares entre sí.

5 Continuando la explicación de la Fig. 2, tras la adquisición de la imagen, se acometen la detección y el recuento de las cochinillas rojas. A tal fin, se llevan a cabo primero la detección y posteriormente la eliminación de los insectos de la trampa 13 que no son cochinillas rojas (generalmente, de mayor tamaño), y opcionalmente, la eliminación de la cuadrícula de la trampa 13 (a menudo, las trampas contienen una cuadrícula oscura para ayudar en el recuento manual de los insectos y con la ayuda de un sistema de amplificación óptica) haciendo uso de las características de intensidad y morfológicas de los insectos (u otras partículas, polvo, hojas o pétalos adheridos, por ejemplo) en las imágenes. A tal fin, se ejecuta un primer algoritmo que aplica un umbral de intensidad a al menos una de las imágenes espectrales adquiridas en uno de los dos intervalos espectrales casi monocromáticos (en particular, el intervalo casi monocromático correspondiente a las longitudes de onda más cortas, dado que es el que presenta mayor contraste entre los insectos y el fondo de la trampa).

15 Dicho umbral de intensidad puede obtenerse, por ejemplo, aplicando el procedimiento de Otsu, que se basa en el análisis discriminador del histograma de la imagen en intensidades (niveles digitales). Es decir, se establece un límite de intensidad para diferenciar entre el fondo blanco y los objetos (cuadrícula/insectos/partículas) sobre el mismo, que son más oscuros (es decir, la cuadrícula (si la hay), todos los insectos, incluyendo la cochinilla roja, y otras partículas); los valores de la imagen por encima del umbral son considerados fondo y se considera que aquellos por debajo del umbral pertenecen a la cuadrícula, los insectos o las partículas. Por lo tanto, se obtiene una primera máscara con valores iguales a 1 para los píxeles correspondientes al fondo e iguales a 0 para los píxeles en los que hay presentes objetos (Fig. 4).

25 Otros procedimientos alternativos al procedimiento de Otsu son los procedimientos de entropía o de k-medias, entre otros.

Para mantener la cochinilla roja en la imagen y eliminar el resto de insectos de mayor tamaño y, opcionalmente, la cuadrícula de la misma, se aplica un segundo algoritmo en la primera máscara. Se establece un valor de área en el número de píxeles y todos aquellos objetos por encima de este valor son mantenidos en la máscara, que se establece por encima del tamaño de la cochinilla roja. La Fig. 5 muestra el resultado de este procedimiento para una región de la trampa 13. Comparando la Fig. 5 con la Fig. 4, se observa que los objetos de menor tamaño, tales como la cochinilla roja, no son considerados en la segunda máscara, de manera que no se los elimine de las imágenes.

35 A menudo, el filtrado, que consiste en la aplicación de los algoritmos primero y segundo (intensidad y área), no es suficiente, dado que hay objetos del tamaño de la cochinilla roja que no son eliminados de forma eficaz, tales como, por ejemplo, partes de insectos que han sido fragmentadas y partículas que flotan en el aire (polvo, fragmentos de plantas, etc.) de tamaño similar. Para la eliminación de estas, el procedimiento propuesto comprende el cálculo de un parámetro que relaciona un valor de intensidad de las dos imágenes adquiridas en función de su intervalo espectral. Para cuantificar dicha relación, conocida como REDIN, en una realización, se aplica la siguiente ecuación píxel a píxel en las imágenes espectrales adquiridas:

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

40 en la que $I_{\Delta\lambda_1}(i, j)$ e $I_{\Delta\lambda_2}(i, j)$ son las intensidades de píxel (i, j) de las imágenes adquiridas en el intervalo espectral casi monocromático 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 imagen a dichas longitudes de onda. Se debería hacer notar que, en otras realizaciones, se puede calcular el parámetro REDIN utilizando otras ecuaciones matemáticas/algorítmicas siempre que estas relacionen los valores de intensidad de las imágenes adquiridas en los dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos. Además, se aplica una segunda máscara, mostrada en la Fig. 5, a esta imagen (REDIN).

50 La Fig. 6 muestra un ejemplo de la imagen $REDIN$ una vez que se aplican las máscaras, en la que se distinguen, principalmente, las cochinillas rojas con alta intensidad (puntos blancos), mientras que los otros insectos, y opcionalmente la cuadrícula, han sido eliminados (áreas negras).

55 Una vez que se ha calculado la imagen $REDIN$ y se han aplicado las referidas máscaras, se define un nuevo umbral en función de las propiedades espectrales que permiten distinguir la cochinilla roja de otros insectos. A tal fin, se ejecuta un tercer algoritmo que establece un umbral de intensidad en $REDIN$ para localizar la cochinilla roja con mayor precisión. En una realización, se establece un valor umbral de 3. Por lo tanto, se consideran cochinillas rojas los objetos de la trampa 13, o de la porción de la trampa 13, con un valor de parámetro $REDIN \geq 3$.

60 Con referencia ahora a la Fig. 7, se muestra otra realización de un procedimiento de recuento de la cochinilla roja de California. Además de las etapas descritas en la Fig. 2, en la presente realización, el tercer algoritmo también

5 comprende aplicar un umbral de conectividad de píxeles para considerar si un insecto es una cochinilla roja o no y establecer un intervalo de área asociado con la cochinilla roja, es decir, en función de las propiedades morfológicas de los insectos que han de ser detectados. En una realización, se establece un umbral de conectividad de 8. Por lo tanto, tras la aplicación del tercer algoritmo, se considerarán cochinillas rojas los píxeles con un valor REDIN ≥ 3 y una conectividad de 8 si presentan un área en el intervalo establecido. Se debería hacer notar que en otras realizaciones se podrían aplicar otros valores REDIN. La conectividad es aplicada a cada píxel y es evaluada si este y sus 8 píxeles colindantes presentan un valor REDIN igual o superior al umbral establecido; si lo hacen y forman conjuntamente un área en el intervalo establecido, son contados como cochinillas rojas y si no, son desechados.

10 Asimismo, los objetos detectados también son filtrados por error como cochinillas rojas debido a que tienen un tamaño similar. A tal fin, se aplica un cuarto algoritmo en función de la excentricidad. De esta forma, se eliminan restos alargados de insecto, tales como lo son normalmente las patas (excentricidad máxima ~ 1). La excentricidad se define como la relación de la distancia entre un punto focal de una elipse y su eje mayor, con valores comprendidos entre 0 (círculo) y 1 (línea). En una realización, los objetos más alargados son eliminados de la imagen, con una excentricidad superior a 0,95, a los que se asigna una intensidad o un valor digital mínimo (0), mientras que se asigna al resto de los píxeles un valor máximo (1).

20 En una realización, antes del procesamiento de las imágenes adquiridas para llevar a cabo el recuento de los insectos, es necesario acondicionarlos de forma que sus niveles de intensidad sean comparables. En un primer planteamiento, esto puede lograrse por medio del siguiente cálculo de reflectancia a partir de los valores de intensidad de cada píxel de las imágenes espectrales captadas:

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

25 en la que $I_F(i, j)$, $I(i, j)$, $I_D(i, j)$, $I_W(i, j)$ son las intensidades de píxel (i, j) de la imagen espectral final acondicionada, de una imagen espectral original de la trampa 13, de una imagen oscura tomada con el o los dispositivos 11 de iluminación apagados y de una imagen espectral de una diana de referencia (muestra blanca con una reflectancia espectral elevada en todas las longitudes de onda), respectivamente. El uso de la imagen oscura permite eliminar el posible ruido generado por la electrónica del sistema 10 de adquisición. Por otra parte, se utiliza la captura de la imagen diana de referencia para compensar la pequeña irregularidad de la iluminación en el plano de la trampa 13. Se incluye en k la calibración diana de referencia en términos de reflectancia espectral (o equivalente). Se aplica esta ecuación para cada una de las imágenes espectrales captadas a los distintos intervalos espectrales considerados.

35 Como alternativa a este primer planteamiento, se pueden omitir las mediciones de la diana de referencia y de la imagen oscura aunque, para garantizar que las diferencias en términos de intensidad entre las imágenes (no tratadas) adquiridas a distintas longitudes de onda son debidas a los propios insectos, es necesario llevar a cabo una calibración inicial del sistema 10 de adquisición que consiste en hacer los parámetros (tiempo de exposición, apertura de la lente, etc.) de adquisición iguales para todos los intervalos espectrales casi monocromáticos (longitudes de onda) utilizados, y regular la salida de cada dispositivo 11 de iluminación, de forma que el nivel digital medio de la imagen de una muestra blanca uniforme sea el mismo cuando se ilumina la trampa 13 a distintas longitudes de onda. Con el mismo objetivo, otra alternativa es fijar la salida del o de los dispositivos 11 de iluminación, pero variando los parámetros de adquisición del sistema 10 de adquisición (por ejemplo, el tiempo de exposición) para cada uno de los intervalos espectrales casi monocromáticos utilizados.

45 La invención propuesta puede ser implementada en soporte físico, soporte lógico, soporte lógico inalterable o cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en soporte lógico, las funciones pueden ser almacenadas en un medio legible por ordenador, o ser codificadas, tales como una o más instrucciones o códigos en el mismo. El alcance de la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el recuento automático del número de insectos en una trampa, comprendiendo el procedimiento:
- 5 adquirir, por medio de un sistema de adquisición, una pluralidad de imágenes espectrales de una trampa o de una porción de la trampa, siendo adquirida la pluralidad de imágenes espectrales para al menos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, un primer intervalo espectral casi monocromático y un segundo intervalo espectral casi monocromático, después de haber iluminado secuencialmente la trampa, o porción de la trampa, con luz a dichos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, comprendiendo el segundo intervalo espectral casi monocromático longitudes de onda mayores que las longitudes de onda del primer intervalo espectral, y conteniendo la trampa, o la porción de la trampa, una serie de objetos adheridos a la misma, incluyendo los objetos insectos de uno o varios tipos, y opcionalmente otras partículas incluyendo pétalos, hojas, polvo u otros tipos de suciedad; y
- 10 contar, por medio de un procesador, el número de insectos de un primer tipo de dichos insectos incluidos en la trampa, o una porción de la trampa, mediante la detección y la diferenciación de los insectos de dicho primer tipo, teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los mismos, comprendiendo dicho recuento:
- 15 ejecutar un primer algoritmo en al menos una de las imágenes espectrales adquiridas en uno de los dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, comprendiendo el primer algoritmo aplicar un umbral de intensidad a dicha imagen espectral, proporcionando una primera máscara como resultado con valores iguales a 1 para los píxeles de la imagen correspondientes al fondo e iguales a 0 para los píxeles de la imagen que comprenden objetos;
- 20 ejecutar un segundo algoritmo en dicha primera máscara, comprendiendo el segundo algoritmo aplicar un umbral de área a un número de áreas de la primera máscara con valores de píxel iguales a 0 y asignar un valor de 1 a las áreas con un valor de área inferior a dicho umbral de área, proporcionando una segunda máscara como resultado;
- 25 obtener una imagen REDIN relacionando en una base píxel a píxel, los valores de intensidad de las dos imágenes espectrales adquiridas en la gama espectral casi monocromática correspondiente a las longitudes de onda corta y larga, respectivamente;
- 30 aplicar la segunda máscara en la imagen REDIN obtenida, proporcionando una nueva imagen; y
- 35 ejecutar un tercer algoritmo en dicha nueva imagen proporcionada, considerándose insectos de dicho primer tipo los objetos de la trampa, o porción de la trampa, con un valor del parámetro REDIN superior o igual a un valor umbral establecido.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tercer algoritmo también comprende aplicar un umbral de conectividad de píxeles a la nueva imagen proporcionada, establecer un intervalo de área asociado con el insecto del primer tipo, y utilizar dicho umbral de conectividad de píxeles para considerar si un insecto es del primer tipo o no, siempre que su tamaño se encuentre dentro del intervalo establecido de área.
- 40 3. El procedimiento según la reivindicación 2, que comprende, además, ejecutar un cuarto algoritmo, en función de la excentricidad, comprendiendo el procedimiento eliminar de dicha nueva imagen los objetos con un valor de excentricidad superior a un valor umbral dado de excentricidad.
- 45 4. Un procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que antes del recuento de los insectos del primer tipo el procedimiento comprende aplicar un algoritmo de acondicionamiento en las imágenes espectrales adquiridas, comprendiendo el algoritmo de acondicionamiento:
- 50 calcular un número de reflectancias del primer tipo de insectos a partir de un número de valores de intensidad de cada píxel de las imágenes espectrales adquiridas teniendo en cuenta las intensidades de píxel de: una imagen espectral original de la trampa, una imagen oscura de la trampa y una imagen espectral de una diana de referencia; o
- 55 llevar a cabo una calibración de dicho sistema de adquisición, antes de la adquisición de la pluralidad de imágenes espectrales, comprendiendo la calibración establecer, al menos, los mismos parámetros de adquisición del sistema de adquisición para dichos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos.
- 60 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer algoritmo comprende los procedimientos de Otsu, de entropía o de k-medias.
6. El procedimiento de la reivindicación 1 o 5, en el que el primer algoritmo es llevado a cabo utilizando la imagen espectral correspondiente al primer intervalo espectral casi monocromático.

7. El procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que la iluminación y la adquisición son llevadas a cabo en una dirección perpendicular a la trampa, o porción de la trampa, o con un cierto ángulo con respecto a la trampa, o porción de la trampa.
- 5 8. El procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que el primer tipo de insecto es la cochinilla roja de California.
9. El procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que el primer intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 300-500 nm y el segundo intervalo espectral casi monocromático está
10 comprendido entre 600-900 nm.
10. Un sistema para el recuento automático del número de insectos en una trampa, que comprende:
- 15 una trampa (13) que contiene una serie de objetos adheridos a la misma, incluyendo los objetos insectos de uno o varios tipos, y opcionalmente otras partículas incluyendo pétalos, hojas, polvo u otros tipos de suciedad;
- un dispositivo (11) de iluminación configurado para emitir luz secuencialmente hacia la trampa (13), o hacia una porción de la trampa (13), en al menos dos intervalos espectrales casi monocromáticos, o al menos dos dispositivos (11) de
20 iluminación configurados para emitir luz secuencialmente hacia la trampa (13), o hacia una porción de la trampa (13), en al menos un intervalo espectral casi monocromático;
- un sistema (10) de adquisición, conectado operativamente con dicho o dichos dispositivos (11) de iluminación, y configurado para adquirir una pluralidad de imágenes espectrales de la trampa (13), o de la porción de la trampa (13),
25 adquiriéndose la pluralidad de imágenes espectrales para al menos dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, un primer intervalo espectral casi monocromático y un segundo intervalo espectral casi monocromático, comprendiendo el segundo intervalo espectral casi monocromático longitudes de onda mayores que las longitudes de onda del primer intervalo espectral; y
- 30 una unidad informática (14) que incluye uno o más procesadores y al menos una memoria, en la que dicho 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 diferenciación de los insectos de dicho primer tipo teniendo en cuenta parámetros espectrales y morfológicos de los mismos mediante:
- 35 ejecutar un primer algoritmo en al menos una de las imágenes espectrales adquiridas en uno de los dos intervalos espectrales casi monocromáticos distintos, comprendiendo el primer algoritmo aplicar un umbral de intensidad a dicha imagen espectral, proporcionando una primera máscara como resultado con valores iguales a 1 para los píxeles de la imagen correspondientes al fondo e iguales a 0 para los píxeles de la imagen que comprenden objetos;
- 40 ejecutar un segundo algoritmo en dicha primera máscara, comprendiendo el segundo algoritmo aplicar un umbral de área a un número de áreas de la primera máscara con valores de píxel iguales a 0 y asignar un valor de 1 a las áreas con un valor de área inferior a dicho umbral de área, proporcionando una segunda máscara como resultado;
- 45 obtener una imagen REDIN relacionando en una base píxel a píxel, los valores de intensidad de las dos imágenes espectrales adquiridas en la gama espectral casi monocromática correspondiente a las longitudes de onda corta y larga, respectivamente;
- aplicar la segunda máscara en la imagen REDIN obtenida, proporcionando una nueva imagen; y
- 50 ejecutar un tercer algoritmo en dicha nueva imagen proporcionada, considerándose insectos de dicho primer tipo los objetos de la trampa, o porción de la trampa, con un valor del parámetro REDIN superior o igual a un valor umbral establecido
11. El sistema de la reivindicación 10, que comprende, además, uno o más polarizadores (15) dispuestos delante del sistema (10) de adquisición y/o delante del o de los dispositivos (11) de iluminación.
- 55 12. El sistema de la reivindicación 10 o 11, que comprende, además, un sistema (16) de barrido conectado operativamente con el o los dispositivos (11) de iluminación y/o con el sistema (10) de adquisición, para llevar a cabo un barrido secuencial de otras porciones de la trampa (13).
- 60 13. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el primer tipo de insectos es la cochinilla roja de California y en el que el primer intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 300-500 nm y el segundo intervalo espectral casi monocromático está comprendido entre 600-900 nm.

14. Un producto de programa de ordenador que incluye instrucciones de código, que, cuando se implementan en un dispositivo informático según la reivindicación 10, ejecutan un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

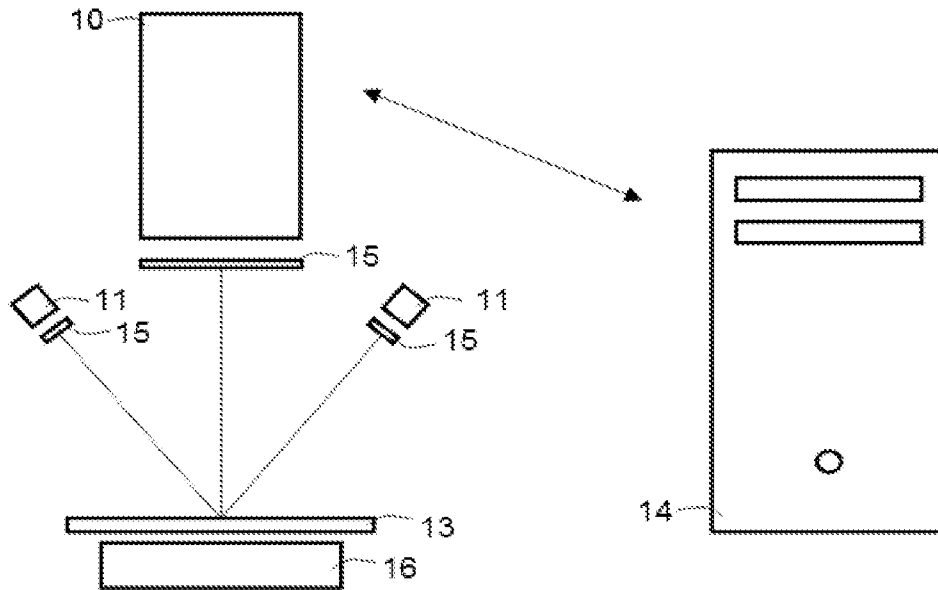


Fig. 1

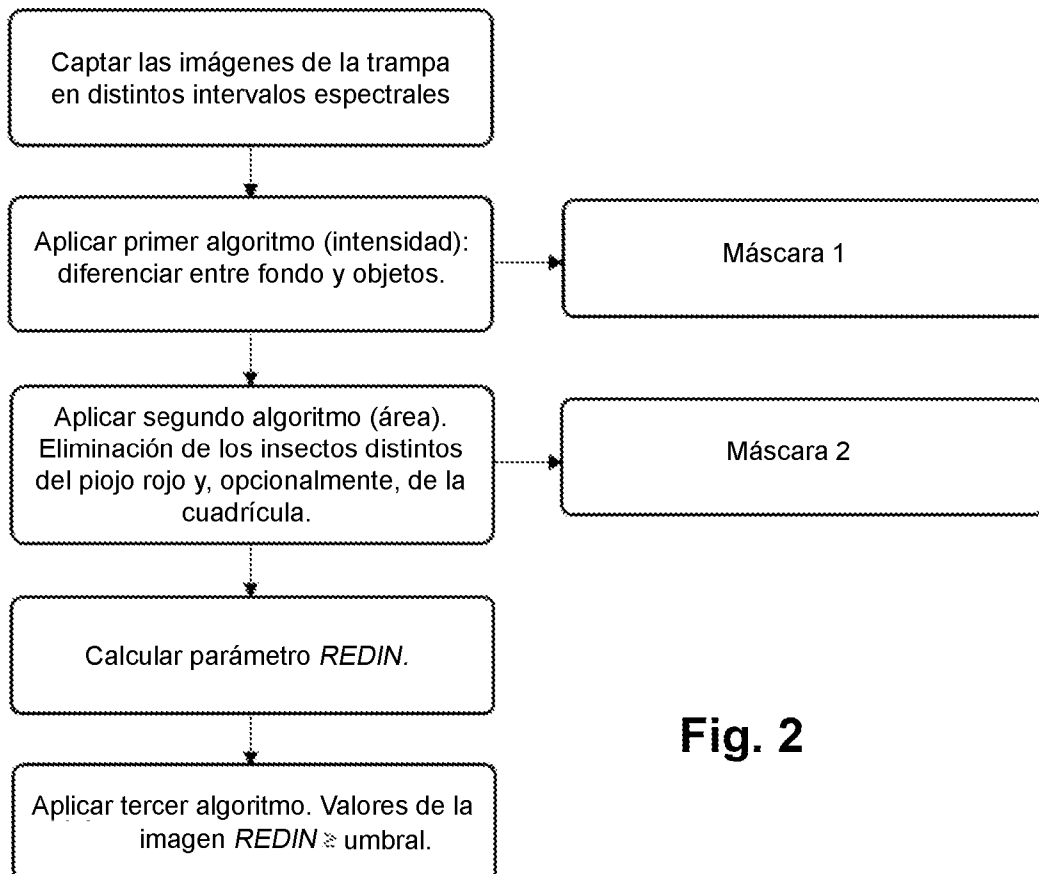


Fig. 2

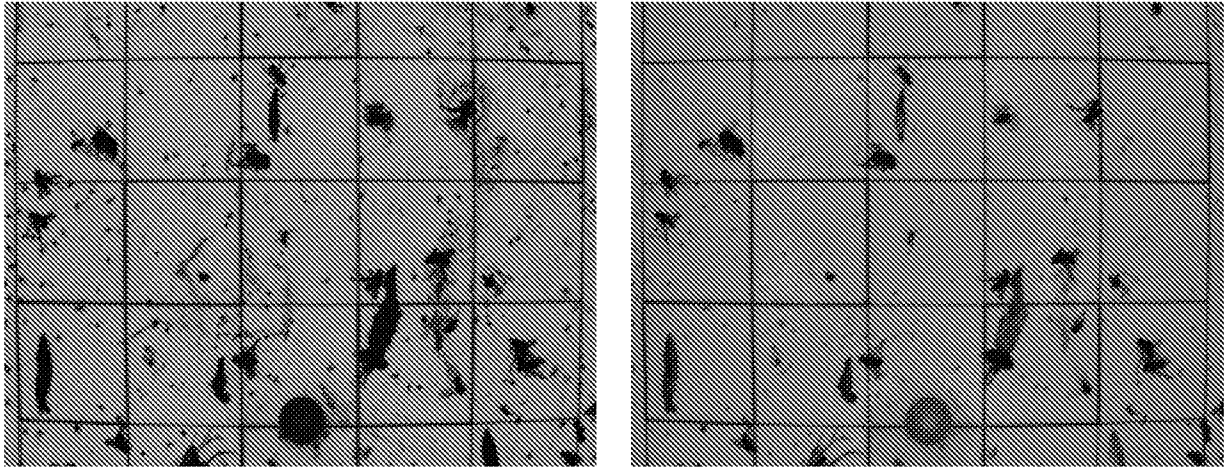


Fig. 3

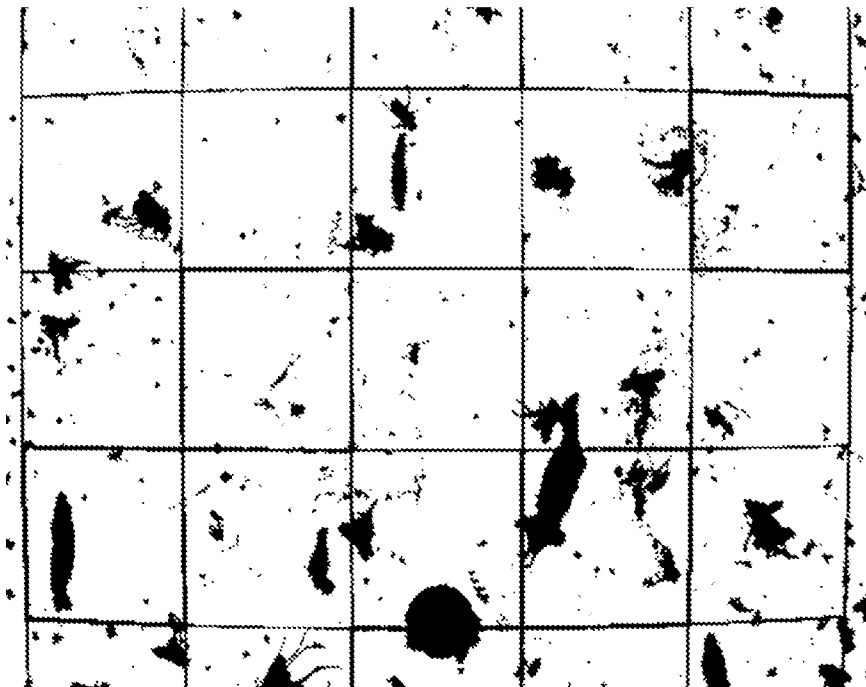


Fig. 4

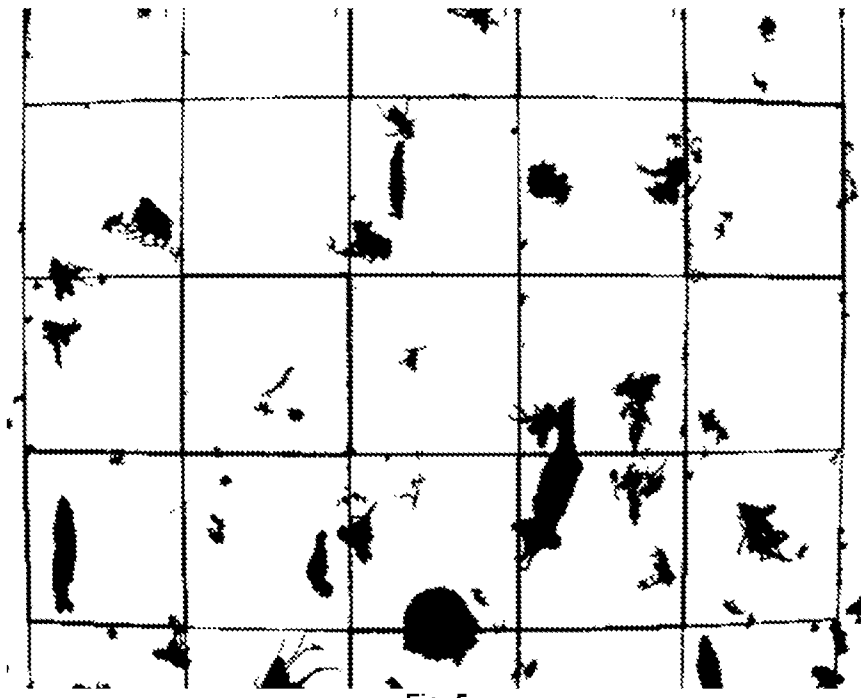


Fig. 5

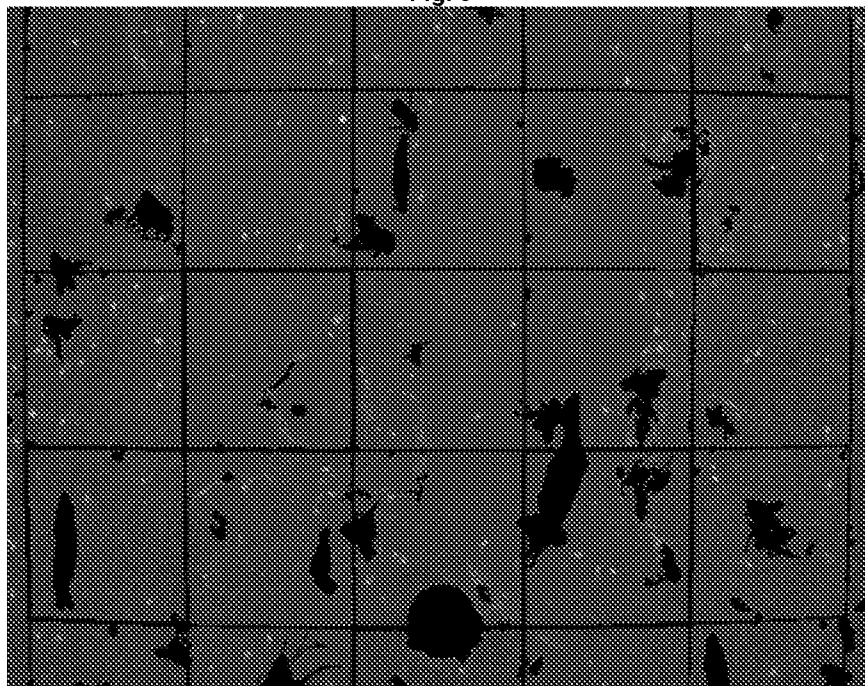


Fig. 6

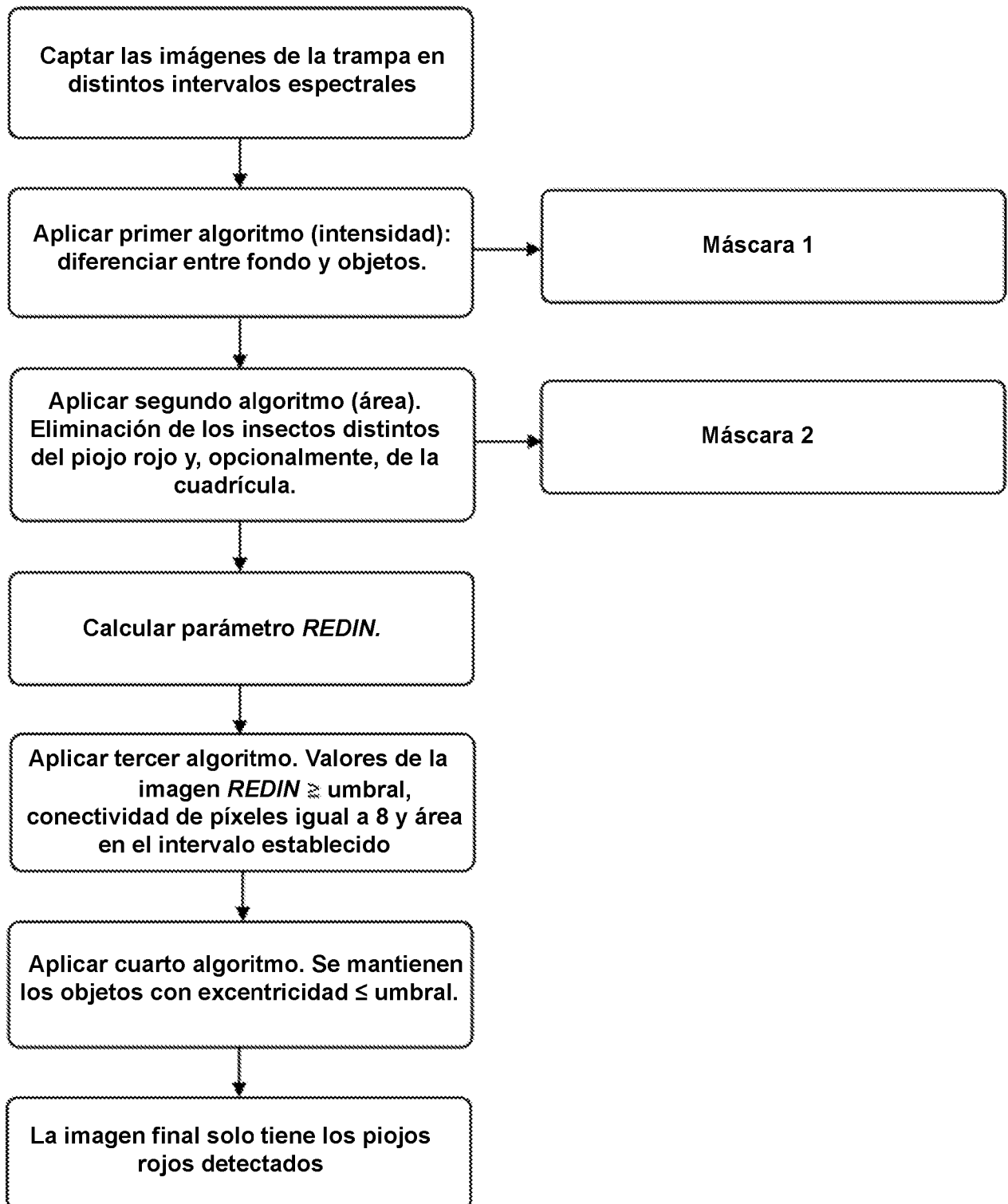


Fig. 7