

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 559**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/11** (2007.01)

**G06T 7/90** (2007.01)

**G06Q 50/02** (2014.01)

**G06V 10/56** (2012.01)

**G06V 20/10** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2019 E 21152605 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 3828826**

54 Título: **Procedimiento y sistema de ayuda a la decisión para la gestión de una parcela agrícola**

30 Prioridad:

**06.06.2018 FR 1800574**

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

**13.05.2025**

73 Titular/es:

**AGRICONNECT (100.00%)  
Impassa des Silos ZI Saint-Joseph  
04100 Manosque, FR**

72 Inventor/es:

**SALLES, JOSÉ**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 3 017 559 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).

## DESCRIPCION

Procedimiento y sistema de ayuda a la decisión para la gestión de una parcela agrícola

### Ámbito de la invención

La presente invención concierne al ámbito técnico general de la agricultura de precisión.

- 5 Más concretamente, la presente invención concierne a un procedimiento y a un sistema asociado para la gestión de una parcela agrícola con el fin de optimizar su productividad con vistas a una mejora de un rendimiento de producción.

### Antecedentes de la invención

En un huerto, la floración de los árboles frutales es heterogénea.

- 10 - ciertos árboles tienen demasiadas flores de modo que los frutos producidos son demasiado pequeños con respecto a los estándares del mercado, y
- otros árboles no tienen bastantes flores de modo que los frutos producidos son demasiado grandes o demasiado poco numerosos.

Esta es la razón por la cual los agricultores practican:

- 15 - el aclareo de los árboles frutales para retirar las flores de los árboles que tengan demasiadas flores, y
- la introducción de fertilizantes y/o de productos químicos en el suelo con el fin de favorecer la floración de los árboles frutales (y/o limitar la caída natural de las flores) cuando estos no tienen bastantes flores.

El aclareo es un procedimiento (manual, mecánico o químico) consistente en dejar el número óptimo flores (y finalmente de frutos) en el árbol con el fin de obtener el mejor rendimiento posible equilibrando la calidad, el calibre de los frutos y el volumen de producción.

- 20 Las fases de aclareo y de suministro de fertilizante son por tanto importantes en el ámbito de la producción de frutos a partir de árboles frutales, y especialmente de manzanos con el fin de asegurar una producción óptima de frutos en términos de calidad, de cantidad y de tamaño.

Actualmente, no existe ninguna solución para estimar la tasa de floración de cada árbol frutal de un huerto (el cual puede comprender entre 2500-3000 árboles por hectárea).

- 25 En razón de la inexistencia de procedimiento para cartografiar las tasas de floración intraparcelaría, los expertos agrónomos dan actualmente una estimación de la tasa media de floración de un huerto observando algunos árboles. Esta estimación es generalmente subestimada por el arboricultor, por temor a no obtener suficientes frutos por árbol y por tanto limitar su producción.

- 30 Debido a que la floración es heterogénea y el tratamiento de aclareo químico es homogéneo, el arboricultor se encuentra en la posición de tener que realizar un aclareo manual, muy caro, árbol por árbol, con el fin de optimizar su producción.

- 35 Rupinder Kaur et al.: "An Optimized Computer Vision Approach to Precise Well-Bloomed Flower Yielding Prediction using Image Segmentation", International Journal of Computer Applications, vol. 119, n.º 23, junio 2015, páginas 15-20 describe técnicas informáticas que utilizan umbralización para extraer flores y códigos de color HSV, segmentación mediante el algoritmo Otsu con filtros morfológicos para adquirir el rendimiento fino de flores de rosas completamente abiertas a partir de una instantánea digital. Esta técnica permite obtener un reconocimiento, rendimiento y recuento preciso de las flores de rosas.

- 40 Aggelopoulou et al.: "Yield prediction in apple orchards based on image processing", Precision Agriculture, KLuwer Academic Publishers, BO, vol. 12, n.º 3, 17 de agosto de 2010, páginas 448-456 describe el uso de mapas de distribución de flores de manzano para el manejo de huertos durante la temporada de crecimiento.

Un objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento y un sistema asociado de ayuda a la decisión para la gestión de una explotación agrícola en su conjunto, con el fin de optimizar el rendimiento de productividad al tiempo que se preserven los recursos.

- 45 Más concretamente, un objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento y un sistema para cartografiar las tasas de floración intraparcelaría de los árboles frutales de un huerto.

### Breve descripción de la invención

A tal efecto la invención propone un procedimiento de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales, el procedimiento comprende las siguientes fases:

- recepción de una pluralidad de imágenes digitales adquiridas en color a lo largo de las filas del huerto, cada imagen representa un respectivo elemento frutal del huerto,
- procesamiento de la pluralidad de imágenes adquiridas, dicha fase de procesamiento comprende, para cada imagen actual de la pluralidad de imágenes, las siguientes etapas:
  - 5     o   detección de los objetos de interés en cada imagen actual,
  - o   recuento del número de objetos de interés detectados en cada imagen actual,
  - o   determinación de un nivel de floración para cada imagen actual en función del número de objetos de interés contados para dicha imagen actual,
- procesamiento posterior de la pluralidad de imágenes procesadas, dicha fase de procesamiento posterior comprende las siguientes etapas:
  - 10    o   fusión de los niveles de floración de los elementos frutales por zonas a lo largo de las filas del huerto,
  - o   generación de un mapa de los niveles de floración de los elementos frutales del huerto.

Aspectos preferidos, pero no limitativos del procedimiento según la invención son los siguientes:

- la etapa de fusión puede consistir en asignar a cada elemento frutal considerado en una fila del huerto el nivel de floración de los elementos frutales vecinos a dicho elemento frutal considerado en su fila si al menos un elemento frutal vecino precedente al elemento frutal considerado y al menos un elemento frutal vecino siguiente al elemento frutal considerado en su fila tienen un mismo nivel de floración, diferente del nivel de floración del elemento frutal considerado;
  - 15
- la etapa de recuento del número de objetos de interés detectados puede consistir en contar un número de agrupamientos de píxeles conexos representativos de al menos un objeto de interés y/o un número de píxeles representativos de al menos un objeto de interés;
  - 20
- la etapa de determinación de un nivel de floración para cada imagen corriente puede consistir en asignar un nivel de floración a la citada imagen corriente en función del número de objetos de interés contados en la citada imagen corriente, correspondiendo cada nivel de floración a una franja de números de objetos de interés;
  - 25
- el procedimiento puede comprender igualmente una etapa de visualización de los niveles de floración asociados a la pluralidad de imágenes en una vista del huerto, comprendiendo la citada etapa de visualización las subetapas que consisten en:
  - o   para cada imagen corriente, detectar la posición en la vista del huerto, del elemento frutal representado en la imagen corriente a partir de datos de posición asociados a la citada imagen corriente, los datos de posición corresponden a la posición de un dispositivo de adquisición de imagen durante la adquisición de la imagen corriente,
    - 30     o   superponer una forma coloreada sobre la posición detectada en la vista del huerto, el color de la forma es representativo de un nivel de floración del elemento frutal;
  - o   la etapa de visualización puede comprender también una subetapa consistente en mostrar, para cada nivel de floración, una imagen de muestra correspondiente a una imagen inicial adquirida cuyo número calculado de objetos de interés satisface dicho nivel de floración,
    - 35
  - o   la etapa de determinación de un nivel de floración puede comprender una subetapa que consiste en determinar los umbrales de cada nivel de floración en función del número de objetos de interés calculados  $T_{m\acute{a}x}$  para el elemento frutal más florido aplicando la siguiente fórmula:  $Umbral\ n = T_{m\acute{a}x} * (1 - (n/15))$ , con  $1 \leq n \leq 4$ ;
    - 40
  - o   la etapa de determinación de un nivel de floración puede comprender una subetapa que consiste en determinar los umbrales de cada nivel de floración en función de una curva de tendencia de un histograma del número de objetos de interés calculados para el conjunto de los elementos frutales del huerto;
  - o   la fase de procesamiento posterior puede también comprender una etapa que consiste en enviar el mapa de los niveles de floración generados a una consola de modulación de un dispositivo de aclareo, la consola de modulación permite ajustar la cantidad de producto químico de aclareo que se va a pulverizar sobre cada elemento frutal en función del nivel de floración asignado a dicho elemento frutal.
    - 45

La invención concierne igualmente a un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales, destacable por que comprende medios para la implementación del procedimiento anteriormente descrito.

- La invención concierne igualmente a un producto programa de ordenador que comprende instrucciones de código de programación destinadas a ejecutar las etapas del procedimiento anteriormente descrito cuando el citado programa
  - 50

es ejecutado en un ordenador.

### Breve descripción de los dibujos

5 Otras ventajas y características del procedimiento y del sistema de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales se pondrán mejor de manifiesto en la descripción que sigue de varias variantes de ejecución, dadas a modo de ejemplos no limitativos, a partir de los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática de un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales;
- la figura 2 es una representación esquemática de un cono de conversión entre una codificación de imagen en componentes Rojo, Verde, Azul y una codificación de imagen en componentes Tono, Saturación, Luminosidad;
- 10 - la figura 3 es una representación esquemática de etapas de un procedimiento de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales;
- las figuras 4 a 6 son representaciones esquemáticas de etapas de una fase de tratamiento del procedimiento de ayuda a la decisión;
- la figura 7 es un ejemplo de toma de vista de un huerto en la cual se han representado niveles de floración para tres filas del huerto;
- 15 - la figura 8 es un ejemplo de toma de vista de un huerto en la cual se han fusionado por zona los niveles de floración ilustrados en la figura 7.

### Descripción detallada de la invención

20 Se van a describir ahora más en detalle ejemplos de procedimiento y sistema de gestión según la invención haciendo referencia a las figuras. En estas diferentes figuras, los elementos equivalentes están designados por la misma referencia numérica.

25 En el interior de un huerto de una misma variedad de manzano, la floración de los árboles es heterogénea. Sin embargo el aclareo químico realizado es idéntico para todos los árboles sin tener en cuenta las diferencias de tasa de floración. El procedimiento y el sistema descrito en lo que sigue permiten modular el aclareo de cada árbol en función de su nivel de floración asociado.

#### 1. Principio general

El procedimiento según la invención comprende.

- la recepción 10 de imágenes adquiridas,
- 30 - una fase de tratamiento de las imágenes adquiridas con el fin de determinar un nivel de floración asociado a elementos frutales que constituyen el huerto, y eventualmente
- una fase de tratamiento posterior que consiste en generar un mapa de los niveles de floración de los elementos frutales del huerto.

35 Las imágenes tratadas son imágenes digitales adquiridas en color. Este color está codificado en niveles de Rojo, de Verde y de Azul (o «RGB» según el acrónimo anglosajón de «Red-Green-Blue»). La adquisición de las imágenes consiste en fotografiar los elementos frutales que constituyen el huerto con la ayuda de un dispositivo de adquisición de imagen digital en color. Los elementos frutales pueden ser los árboles frutales del huerto y/o bandas frutales (correspondientes a las ramas que se extienden entre dos troncos de árboles frutales sucesivos a lo largo de una fila de árboles frutales del huerto).

40 El dispositivo de adquisición puede estar montado en un vehículo móvil – tal como un tractor agrícola – y comprender por ejemplo:

- un soporte
- un sensor óptico que incluye una pluralidad de células elementales fotosensibles (tal como una cámara) montado en el soporte, y
- 45 - uno (o varios) órganos de iluminación (tal como un flash) para iluminar el elemento frutal de interés durante la adquisición de una imagen,
- un aparato de detección de posición –por ejemplo basado en el sistema GPS (del inglés «Global Positioning System»)– para detectar la posición del sensor óptico durante la adquisición de cada imagen,

- un controlador programado para controlar el sensor, el órgano de iluminación y el aparato de detección de posición.

Tal dispositivo de adquisición es conocido por el experto en la materia y no se describirá en detalle en lo que sigue.

5 El principio de adquisición es el siguiente. El dispositivo de adquisición es desplazado a lo largo de las filas de árboles frutales del huerto. Para cada árbol frutal y/o banda frutal del huerto, se adquiere una imagen. Así, cada imagen adquirida está asociada a un respectivo elemento frutal de interés. A partir de la posición del sensor (detectada por el aparato de detección de posición durante la adquisición de la imagen), es posible deducir la posición del elemento frutal de interés en el huerto.

10 Las fases de tratamiento y de eventual tratamiento posterior del procedimiento pueden ser implementadas en un sistema de ayuda a la decisión integrado en, o distante de, el dispositivo de adquisición. Especialmente, el sistema de ayuda a la decisión comprende un programa para realizar una o varias de las etapas del procedimiento descrito en lo que sigue.

15 El sistema de ayuda a la decisión puede estar compuesto por una (o varias) estaciones de trabajo, y/o uno (o varios) ordenadores o puede ser de cualquier otro tipo conocido por el experto en la materia. El sistema de tratamiento puede comprender por ejemplo un teléfono móvil, una tableta electrónica (tal como un IPAD®), un asistente personal (o «PDA» siglas de la expresión anglosajona «Personal Digital Assistant»), etc.

En todos los casos, el sistema comprende un procesador programado para permitir el tratamiento de las imágenes adquiridas por el dispositivo de adquisición.

En referencia a la figura 1, está ilustrado un ejemplo de sistema de ayuda a la decisión. El mismo comprende:

- 20
- medios de tratamiento 1 tales como un procesador,
  - medios de entrada 2 tales como un teclado y un ratón,
  - medios de visualización 3 tales como una pantalla (eventualmente táctil), y
  - medios de emisión/recepción 4 con o sin hilos –tales como uno (o varios) cables de conexión y/o una (o varias) antenas– para intercambiar datos (recepción de las imágenes adquiridas por el dispositivo de adquisición, y
- 25 coordenadas GPS, etc.) a través de una red de comunicación –tal como la red Internet.

El sistema de ayuda a la decisión es utilizado para la implementación de un procedimiento simple, ligero y robusto de tratamiento de imágenes que permite establecer un mapa relativo a la floración (flores y botones de flor) de los elementos frutales del huerto, y cuyas diferentes variantes de realización se van a describir ahora más en detalle.

30 El procedimiento según la invención se describirá en referencia al tratamiento de una imagen, siendo entendido que las etapas de la fase de tratamiento son repetidas para cada imagen adquirida.

## 2. Procedimiento de ayuda a la decisión

En referencia a la figura 3, se han ilustrado las diferentes etapas de la fase de tratamiento del procedimiento según la invención.

### 2.1 Conversión TSL

35 Una primera etapa 20 del procedimiento consiste en convertir la imagen digital en color RVB adquirida I en una imagen convertida TSL. Como se indicó anteriormente, la imagen digital adquirida I está codificada en niveles de Rojo, de Verde y de Azul.

La etapa de conversión 20 consiste en codificar la imagen en niveles de Tono, de Saturación y de Luminosidad.

40 Más concretamente y haciendo referencia a la figura 2, cada componente de color de cada píxel de la imagen adquirida I en un espacio de colores RVB (plano Rojo, plano Verde, plano Azul) es convertida en:

- una componente de Tono (T),
- una componente de Saturación (S), y
- una componente de Luminosidad (L)

del píxel en un espacio de colores TSL.

45 Para convertir las componentes Rojo, Verde, Azul de un píxel en componentes Tono, Saturación, Luminosidad se pueden utilizar diferentes modos de cálculo conocidos por el experto en la materia.

A modo puramente indicativo, en lo que sigue se da un ejemplo de fórmulas que permiten convertir las componentes RVB de un píxel en componentes TSL.

A partir de las componentes RVB de un píxel, se pueden calcular las variables intermedias siguientes:

- $R' = R/255$
- 5 -  $G' = G/255$
- $B' = B/255$
- $C_{\text{máx}} = \text{máx}(R', G', B')$
- $C_{\text{mín}} = \text{mín}(R', G', B')$
- $\Delta = C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}$

10 Se calcula entonces el tono H como sigue:

$$H = \begin{cases} 0^{\circ} & \Delta = 0 \\ 60^{\circ} \times \left( \frac{G' - B'}{\Delta} \text{ mod } 6 \right) & , C_{\text{máx}} = R' \\ 60^{\circ} \times \left( \frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right) & , C_{\text{máx}} = G' \\ 60^{\circ} \times \left( \frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right) & , C_{\text{máx}} = B' \end{cases}$$

Se calcula la Saturación S como sigue:

$$S = \begin{cases} 0^{\circ} & , \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{1 - |2L - 1|} & , \Delta < > 0 \end{cases}$$

Se calcula la Luminosidad como sigue:

15 
$$L = (C_{\text{máx}} + C_{\text{mín}})/2$$

Naturalmente, la presente invención no se limita a la aplicación de las fórmulas anteriores para la conversión de la imagen RVB en imagen convertida TSL, y para realizar esta conversión se pueden utilizar otras fórmulas conocidas en el estado de la técnica.

20 Una vez realizada la etapa de conversión las componentes de cada píxel de la imagen convertida pueden expresarse en tres planos (o espacios) distintos: un plano de Tono 5', un plano de Saturación 6' y un plano de Luminosidad 7'. En cada plano, la componente asociada puede tomar un valor comprendido entre 0 y 255.

## 2.2 Filtrado

En una segunda etapa 30 del procedimiento, se implementa un filtrado de la imagen convertida en cada una de las componentes Tono, Saturación y Luminosidad de cada píxel.

### 25 2.2.1 Filtrado del Tono

Más concretamente, en el plano de Tono 5', se implementa una subetapa de umbralización de la imagen convertida. Esta umbralización permite filtrar el color del objeto de interés, como por ejemplo el rosa de la flor o del botón de flor.

El primer valor umbral de Tono depende de la clase y de la variedad de árbol frutal considerado.

30 Por ejemplo, el color rosa de las flores de manzano de tipo Granny Smith es más sostenido que el color rosa de las flores de manzano de tipo Royal Gala. El primer valor umbral de Tono puede ser facilitado por el usuario o determinado a partir de una base de datos en función de la clase y de la variedad del árbol frutal considerado.

Al final de la subetapa de umbralización en el plano de Tono 5', se obtiene un plano de Tono filtrado 5 en el cual solo quedan retenidos los píxeles (o puntos) cuyo valor sea inferior al primer valor umbral de Tono. El valor de cada píxel en el plano de Tono filtrado 5 es entonces 0 o bien 255.

### 35 2.2.2 Filtrado de la saturación

En el plano de Saturación 6', se implementa una subetapa de umbralización de la imagen convertida para suprimir los píxeles no blancos.

El primer valor umbral de Saturación elegido puede ser de 255 para conservar del plano de Saturación solo los píxeles cuya saturación sea máxima, o próxima a 255 (por ejemplo 245, 235, ..., 192).

5 Al final de la subetapa de umbralización en el plano de Saturación 6', se obtiene un plano de Saturación filtrado 6 en el cual solo quedan retenidos los píxeles cuyo valor es superior al primer valor umbral de Saturación. El valor de cada píxel en el plano de Saturación filtrado 6 es entonces 0 o bien 255.

2.2.3 Filtrado de Luminosidad

En el plano de Luminosidad 7', se implementa una subetapa de umbralización de la imagen convertida para suprimir los píxeles no luminosos.

El primer valor umbral de Luminosidad elegido depende;

- 10 - de la media de Luminosidad de los píxeles de la imagen convertida,
- de la desviación típica de Luminosidad de los píxeles de la imagen convertida, y
- de las características del dispositivo de adquisición (y especialmente de las características del sensor fotosensible utilizado en el dispositivo de adquisición),
- de las condiciones de toma de vista.

15 En cada imagen tratada, la subetapa de umbralización en el plano de luminosidad comprende:

- el cálculo de la Luminosidad media de los píxeles en el plano de luminosidad («Media» en la fórmula que sigue),
- el cálculo de la desviación típica de Luminosidad de los píxeles en el plano de luminosidad («Desviación Típica» en la fórmula que sigue).

20 A partir de la media y de la desviación típica así calculadas y teniendo en cuenta parámetros técnicos del dispositivo de adquisición y condiciones de toma de vista, un primer valor umbral de Luminosidad es determinado por la fórmula siguiente:

$$\text{Valor umbral de Luminosidad} = \text{Media} + \text{Coef}_{AP} \times \text{Desviación Típica}$$

Donde:  $\text{Coef}_{AP}$  es un coeficiente definido en función de las características del dispositivo de adquisición y de las condiciones de toma de vista.

25 Gracias a los experimentos conducidos desde hace varios años, los inventores han establecido una tabla de correspondencia entre las características del dispositivo de adquisición, las condiciones de toma de vista y el  $\text{Coef}_{AP}$ .

Condiciones de toma de vista	Características dispositivo de adquisición	Coeficientes para un dispositivo de adquisición dado
Cara al Sol	Tamaño sensor	Coef <sub>1</sub>
Espaldas al Sol	Velocidad obturación	Coef <sub>2</sub>
	Abertura de Focal ISO	
		Condición $\text{Coef}_2 > \text{Coef}_1$

El primer valor umbral de Luminosidad así calculado es utilizado en la subetapa de umbralización de la imagen convertida en el plano de Luminosidad.

30 Al final de la subetapa de umbralización en el plano Luminosidad 7', se obtiene un plano de Luminosidad filtrado 7 en el cual solo quedan retenidos los píxeles cuyo valor es superior al primer valor umbral de Luminosidad. El valor de cada píxel en el plano de Luminosidad filtrado 7 es entonces 0 o bien 255.

2.3 Combinación en los planos filtrados

35 La etapa de filtrado permite obtener un plano de Tono filtrado 5, un plano de Saturación filtrado 6 y un plano de Luminosidad filtrado 7.

En otra etapa 40 del procedimiento, los planos filtrados son combinados para dejar aparecer, en una imagen final tratada (denominada «plano de Trabajo» solo los objetos de interés (es decir, flores y botones de flor del elemento frutal de interés).

El objetivo de estas combinaciones de planos es eliminar los ruidos presentes en la imagen inicial (flores del segundo plano presentes en elementos frutales situados detrás del elemento frutal de interés, etc.).

- 5 La etapa de combinación puede comprender una subetapa consistente en adicionar el plano de Tono filtrado 5 y el plano de Luminosidad filtrado 7. Esto permite obtener un plano Intermedio 8 en el cual se restituyen la mayoría de los botones y de las flores de la imagen inicial, especialmente cuando las imágenes han sido adquiridas cara al sol. En variante, la etapa de combinación puede comprender una subetapa consistente en hacer una media ponderada de plano de Tono filtrado 5 y del plano de Saturación filtrado 6 según la fórmula siguiente:

$$\text{Plano Intermedio} = ((2 \times \text{Plano de tono filtrado}) + \text{Plano de Saturación filtrado})/3.$$

- 10 Esto permite igualmente obtener un plano Intermedio 8 en el cual se reconstituyen la mayoría de los botones y de las flores de la imagen inicial, especialmente cuando las imágenes han sido adquiridas de cara al sol. El valor de cada píxel en el plano Intermedio 8 es entonces 0 o bien 255.

- 15 La etapa de combinación puede igualmente comprender una subetapa consistente en promediar el plano de Saturación filtrado 6 y el plano de Luminosidad filtrado 7. Más concretamente, el valor de cada píxel del plano de Saturación filtrado 6 es sumado al valor del píxel correspondiente en el plano de Luminosidad filtrado 7, y el resultado de esta suma es dividido por dos para obtener un plano Promedio 9 según la fórmula siguiente:

$$\text{Plan Promedio} = (\text{Plano de Saturación filtrado} + \text{Plano de Luminosidad filtrado})/2.$$

El valor de cada píxel en el plano Promedio 9 es entonces 0, o 128, o bien 255. Esta subetapa de promedio permite acentuar las partes blancas del objeto de interés (flor o botón de flor) reduciendo al mismo tiempo los ruidos del segundo plano.

- 20 El procedimiento puede comprender además una subetapa adicional consistente en hacer una media del plano Intermedio 8 y del plano Promedio 9 para obtener un plano Resultante 11 según la fórmula siguiente:

$$\text{Plano Resultante} = (\text{Plano Intermedio} + \text{Plano Promedio})/2$$

Cada píxel del plano Resultante 11 puede ser asociado a uno de los valores siguientes: 0, 64, 128, 191 o 255. Esta etapa opcional permite acentuar la reducción de los ruidos del segundo plano,

- 25 Finalmente, puede implementarse una subetapa de filtrado por umbralización del plano Resultante 11 para obtener un plano Combinado 12. El primer valor umbral de filtrado elegido puede ser de 123 para conservar del plano Resultante 11 (o del plano Intermedio 8) solo los píxeles cuyo valor sea representativo de un objeto de interés. El valor de cada píxel en el plano Combinado 12 es entonces 0, o bien 255.

Ventajosamente, el procedimiento puede comprender igualmente:

- 30 - una etapa de formación de un plano de Troncos por umbralización del plano de Tono, del plano de Saturación y del plano de Luminosidad, para conservar en el plano de Troncos los píxeles representativos de los troncos y/o de las ramas del elemento frutal, incluyendo la etapa de formación de un plano de troncos las subetapas de combinación siguientes:
- 35
- filtrar las componentes de Tono, Saturación y Luminosidad de la imagen convertida TSL en los planos de Tono de Saturación y de Luminosidad según segundos valores umbral de Tono, de Saturación y de Luminosidad para obtener: un plano de Tono de Troncos filtrado, un plano de Saturación de Troncos filtrado y un plano de Luminosidad de Troncos filtrado,
  - combinar los planos de Tono de Troncos filtrado, de Saturación de Troncos filtrado y de Luminosidad de Troncos filtrado para obtener el plano de Troncos;
- 40 - una etapa de formación de un plano de hojas por umbralización del plano de Tono, del plano de Saturación y del plano de Luminosidad, para conservar en el plano de hojas los píxeles representativos de las hojas del elemento frutal, incluyendo la etapa de formación de un plano de Hojas las subetapas de combinación siguientes:
- 45
- filtrar las componentes de Tono, Saturación y Luminosidad de la imagen convertida TSL en los planos de Tono, de Saturación y de Luminosidad según terceros valores umbral de Tono, de Saturación y de Luminosidad para obtener: un plano de Tono de Hojas filtrado, un plano de Saturación de Hojas filtrado y un plano de Luminosidad de Hojas filtrado,
  - combinar los planes de Tono de Hojas filtrado, de Saturación de Hojas filtrado y de Luminosidad de Hojas filtrado para obtener el plano de Hojas.

En este caso, la etapa de combinación comprende las subetapas siguientes:

- 50 - adicionar el plano de Tono filtrado 5 y el plano de Luminosidad filtrado 7 para obtener un plano Intermedio 8,

- promediar el plano de Saturación filtrado 6 y el plano de Luminosidad filtrado 7 para obtener un plano Promedio 9,
- promediar el plano Intermedio 8 y el plano Promedio 9 para obtener un plano Resultante 11,
- sustraer los planos de troncos y de hojas del plano Resultante 11 para obtener un plano Resultante Sustraído, y
- filtrar el plano Resultante Sustraído por umbralización en función de un valor umbral de filtrado predefinido para obtener el plano Combinado 12.

5

#### 2.4 Cálculos en el plano Combinado

La etapa de combinación 40 en los planos filtrados de Tono, de Saturación y de Luminosidad 5, 6, 7 permite obtener un plano Combinado 12 en el cual se han eliminado mayoritariamente los ruidos, especialmente los ruidos del segundo plano.

- 10 A continuación se realizan cálculos (rellenos conexos y filtrados) en este plano Combinado 12 para suprimir los últimos ruidos presentes en la imagen inicial I con el fin de conservar solo los objetos representativos de un nivel de floración del elemento frutal de interés.

La etapa de cálculo 50 en el plano combinado 12 puede comprender las subetapas siguientes (tomadas independientemente o en combinación):

- 15
- una subetapa de relleno conexo,
  - una subetapa de filtrado en función del tamaño de los agrupamientos de píxeles conexos representativos de un objeto de interés o de una porción de este objeto de interés, y
  - una subetapa de filtrado en función de la circularidad de los agrupamientos de píxeles conexos.

##### 2.4.1 Relleno

- 20 La subetapa de relleno consiste en rellenar los agrupamientos de píxeles conexos representativos de objetos de interés y que presenten cavidades cerradas (asimilables a agujeros) para obtener un plano Combinado Relleno.

Esta etapa puede ser implementada utilizando funciones morfo-matemáticas de tratamiento de imagen (tales como una dilatación morfológica seguida de una erosión morfológica) o cualquier otra técnica de tratamiento de imagen conocida por el experto en la materia (algoritmo de crecimiento de regiones, etc.).

- 25 La subetapa de relleno permite reconstituir las partículas (pétalo, etc.) que forman los objetos de interés en el plano Combinado 12.

##### 2.4.2 Filtrado de tamaño

- 30 La subetapa de filtrado de tamaño consiste en suprimir del plano Combinado 12 (o del plano Combinado Relleno) los agrupamientos de píxeles conexos cuyo número de píxeles sea inferior a un valor umbral de tamaño (por ejemplo suprimir del plano Combinado 12 los agrupamientos de cinco píxeles conexos o menos).

Esta subetapa de filtrado de tamaño permite obtener un plano Combinado Filtrado de Tamaño (o plano Combinado Relleno & Filtrado Tamaño) en el cual se han eliminado los últimos ruidos del segundo plano.

##### 2.4.3 Filtrado de la circularidad

- 35 La subetapa de filtrado en función de la circularidad de los agrupamientos de píxeles conexos presentes en el plano Combinado 12 (o en el plano Combinado relleno, o en el plano Combinado Relleno & Filtrado Tamaño) permite eliminar del citado plano los objetos no circulares (falsos positivos) que constituyen ruidos presentes en el primer plano, tales como espumas que recubren una rama del elemento frutal o de un cable tutor del elemento frutal, etc.

Este filtrado de la circularidad es implementado utilizando funciones de tratamiento de imagen conocidas por el experto en la materia y que no se describirán más en detalle en lo que sigue.

#### 40 2.5. Recuento

Al final de la etapa de análisis del plano Combinado 12, se obtiene un plano de Trabajo 13. Este plano de Trabajo 13 constituye una imagen final tratada a partir de la cual se estima el nivel de floración del elemento frutal.

Se implementa una etapa 60 de recuento de los objetos de interés (flor o botón de flor) presentes en el plano de Trabajo 13.

- 45 El recuento de los objetos de interés puede ser realizado:

- por un recuento del número de píxeles representativos de los objetos de interés,
- o por un recuento del número de agrupamientos (es decir de montones) de píxeles conexos representativos de objetos de interés.

5 El hecho de contar un número de montones de píxeles en lugar de un número de píxeles permite hacer el procedimiento independiente del estado de floración del elemento frutal. En efecto, contando únicamente el número de píxeles representativos de objetos de interés, un elemento frutal que no incluya flores puede ser considerado como poco florido aunque comprenda un gran número de botones de flor.

10 En una variante, la etapa de recuento puede consistir en un recuento del número de píxeles representativos de los objetos de interés, y un recuento del número de agrupamientos (es decir de montones) de píxeles conexos representativos de objetos de interés. Por ejemplo, el recuento puede comprender las subetapas siguientes:

- contar el número de píxeles representativos de los objetos de interés,
- dividir el número de píxeles contados por un coeficiente predefinido (igual al número de píxeles mínimo que forman una partícula elemental) para estimar un número de partículas,
- contar el número de agrupamientos de píxeles conexos representativos de objetos de interés,
- 15 - calcular la media entre el número de partículas estimado y el número de agrupamientos de píxeles conexos contados.

20 La etapa de recuento 60 (implementada utilizando cualquier algoritmo de tratamiento conocido por el experto en la materia) permite calcular un número de objetos de interés detectados para la imagen corriente tratada (sea un número de píxeles que constituyen los objetos de interés, o un número de montones de píxeles que constituyen los objetos e interés, o bien una combinación de los dos).

Conociendo la posición del dispositivo de adquisición durante la adquisición de cada imagen gracias al aparato de detección de posición (el cual permite asociar las coordenadas GPS del dispositivo de adquisición a cada imagen adquirida), es posible determinar con precisión la posición, en el huerto, del elemento frutal para el cual se ha calculado el número de objetos de interés.

25 Las diferentes etapas precedentes se repiten para cada imagen adquirida. Se obtiene así un número de objetos de interés calculado para cada imagen adquirida y por tanto para cada elemento frutal del huerto.

#### 2.6. Conversión en nivel de floración

30 El procedimiento comprende igualmente una etapa 70 consistente en clasificar las diferentes imágenes tratadas en categorías (denominadas en lo que sigue «nivel de floración») en función del número de objetos de interés calculado para cada imagen.

Cada nivel de floración corresponde a una gama de números de objetos de interés calculados. Por ejemplo:

- el primer nivel de floración (representativo de los elementos frutales menos floridos) corresponde a un número de objetos de interés calculado comprendido entre 0 y 10,
- el segundo nivel de floración corresponde a un número de objetos de interés comprendido entre 11 y 20,
- 35 - el tercer nivel de floración corresponde a un número de objetos de interés calculado comprendido entre 21 y 30, etc.

Preferentemente, el número de niveles de floración es igual a cinco. Esto permite obtener mapas de tratamiento de aclarado precisos y apropiados a la heterogeneidad intraparcelar.

40 Naturalmente, el usuario puede elegir hacer variar este número de niveles de floración aumentándole o disminuyéndole en función de sus necesidades.

Ventajosamente, para cada nivel de floración, puede presentarse al usuario una imagen muestra correspondiente a una imagen inicial adquirida cuyo número de objetos de interés calculado satisfaga el citado nivel de floración. Esto permite al usuario evaluar más concretamente a qué aspecto de elemento frutal de su huerto corresponde cada nivel de floración.

45 Para determinar los umbrales de cada nivel de floración, se pueden utilizar dos métodos distintos. Naturalmente, el usuario tiene la posibilidad de modificar estos umbrales en función de sus necesidades.

##### 2.6.1. Primer método de determinación de los niveles de floración

Un primer método puede consistir en determinar los umbrales de los niveles de floración en función del número de

objetos de interés calculados  $T_{m\acute{a}x}$  para el elemento frutal más florido aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Umbral } n = T_{m\acute{a}x} * (1-(n/15)), \text{ con } 1 \leq n \leq 4.$$

#### 2.6.2. Segundo método de determinación de los niveles de floración

5 Un segundo método puede consistir en determinar los umbrales de los niveles de floración en función de una curva de tendencia del histograma de los números de objetos de interés calculados para el conjunto de los elementos frutales del huerto.

Más concretamente, los umbrales de los niveles de floración se definen como los mínimos de la curva de tendencia del histograma de los números de objetos de interés calculados para el conjunto de los elementos frutales del huerto,

#### 3. Tratamientos posteriores

10 A continuación de la etapa de clasificación de los números de objetos de interés calculados por nivel de floración, los resultados del tratamiento (es decir, posición del elemento frutal y nivel de floración asociado) pueden ser enviados a una consola de modulación de un dispositivo de aclarado del usuario, permitiendo la consola de modulación regular la cantidad de producto químico de aclarado que haya que pulverizar sobre cada elemento frutal.

15 En variante o en combinación, estos resultados de tratamiento pueden ser visualizados por medio de un código de color 14 en una vista aérea del huerto, tal como está ilustrado en la figura 7.

Cuando el dispositivo de aclarado del usuario no dispone de una consola de modulación que le permita regular la cantidad de producto químico de aclarado que haya que aplicar elemento frutal por elemento frutal, pueden implementarse etapas de tratamiento posterior descritas a continuación para fusionar (es decir reunir) los niveles de floración de cada elemento frutal por zonas.

20 La fusión de los niveles de floración por zonas 15, 16, 17 tiene en cuenta la organización de los elementos frutales en el huerto. Especialmente, estando los elementos frutales organizados por filas, la fusión por zonas 15, 16, 17 se hace por fila en una o varias pasadas.

25 Una de las condiciones de fusión puede consistir en considerar una vecindad de elementos frutales a lo largo de la fila de interés. Para cada elemento frutal de interés de una fila considerada, su nivel de floración asociado es por ejemplo igual al nivel de floración de los elementos frutales vecinos del elemento frutal de interés en la fila considerada si dos elementos frutales vecinos precedentes al elemento frutal de interés y dos elementos frutales vecinos siguientes al elemento frutal de interés tienen un mismo nivel de floración diferente del nivel de floración del elemento frutal de interés.

30 Esta etapa de fusión de los niveles de floración de cada elemento frutal por zonas 15, 16, 17 permite obtener zonas homogéneas de niveles de floración de elementos frutales a lo largo de las filas del huerto con el fin de facilitar la implementación del tratamiento químico de aclarado por el usuario.

Los resultados de esta etapa de tratamiento posterior pueden ser visualizados por medio de un código de color en una imagen aérea del huerto, tal como está ilustrado en la figura 8.

#### 4. Conclusiones

35 El procedimiento y el sistema de gestión descrito anteriormente permiten la producción de un mapa de floración relativo al conjunto del huerto con el fin de realizar un aclarado modulable con el objetivo de optimizar la producción (calidad, calibre/tamaño de los frutos y el volumen de producción global).

El procedimiento y el sistema anteriormente descritos permiten igualmente:

- disminuir los productos químicos del acarado optimizando su utilización (la dosis correcta en el lugar apropiado).
- 40 - regular la alternancia del huerto de un año a otro,
- optimizar otras intervenciones técnicas en el huerto asociadas a la intensidad de la floración, como el aporte de fertilizantes o las operaciones de cosecha o de tala de los huertos.

El lector habrá comprendido que a la invención anteriormente descrita pueden ser aportadas numerosas modificaciones sin salirse materialmente de las nuevas enseñanzas y de las ventajas aquí descritas.

45 Especialmente el lector apreciará que las fases de tratamiento y de tratamiento posterior son independientes. Más concretamente, las etapas de tratamiento posterior descritas para el píxel 3 pueden ser implementadas sobre la base de niveles de floración determinados con otros métodos que la fase de tratamiento descrita para el píxel 2.

Igualmente, el lector apreciará que la imagen (las imágenes) digitales adquiridas en color, y codificada(s) en componentes de Rojo, de Verde y de Azul puede(n) ser convertida(s) en una (o unas) imagen(imágenes) convertida(s)

TSB (o «HSB» en inglés de «Hue Saturación Brightness») codificadas en componentes de Tono, de Saturación y de Brillo. En este caso, las diferentes operaciones de filtrado, de combinación y de cálculo de un plano de trabajo son realizadas a partir de las componentes de Tono, de Saturación y de Brillo en lugar de las componentes de Tono, de Saturación y de Luminosidad.

- 5 Consecuentemente, todas las modificaciones de este tipo están destinadas a ser incorporadas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales, el procedimiento comprende las fases siguientes:

- 5 - recepción (10) de una pluralidad de imágenes digitales adquiridas en color a lo largo de las filas del huerto, cada imagen representa un respectivo elemento frutal del huerto,
- procesamiento (20-70) de la pluralidad de imágenes adquiridas, dicha fase de tratamiento comprende, para cada imagen corriente de la pluralidad de imágenes, las etapas siguientes:
  - detección de los objetos de interés en cada imagen actual,
  - recuento del número de objetos de interés detectados en cada imagen actual,
  - 10 ◦ determinación de un nivel de floración para cada imagen actual en función del número de objetos de interés contados para dicha imagen actual,
  - procesamiento posterior de la pluralidad de imágenes procesadas, dicha fase de procesamiento posterior comprende las siguientes etapas:
    - fusión de los niveles de floración de los elementos frutales por zonas a lo largo de las filas del huerto,
    - 15 ◦ generación de un mapa de los niveles de floración de los elementos frutales del huerto.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de fusión consiste en asignar a cada elemento frutal considerado en una fila del huerto el nivel de floración de los elementos frutales vecinos a dicho elemento frutal considerado en su fila si al menos un elemento frutal vecino precedente al elemento frutal considerado y al menos un elemento frutal vecino siguiente al elemento frutal considerado en su fila tienen un mismo nivel de floración, diferente del nivel de floración del elemento frutal considerado.

3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa de recuento del número de objetos de interés detectados consiste en contar un número de agrupamientos de píxeles conexos representativos de al menos un objeto de interés y/o un número de píxeles representativos de al menos un objeto de interés.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual la etapa de determinación de un nivel de floración para cada imagen corriente consiste en asignar un nivel de floración a la citada imagen corriente en función del número de objetos de interés contados en la citada imagen corriente, cada nivel de floración corresponde a una franja de números de objetos de interés

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, el cual comprende además una etapa de visualización de los niveles de floración asociados a la pluralidad de imágenes en una vista del huerto, la citada etapa de visualización comprende las subetapas que consisten en:

- en cada imagen corriente, detectar la posición en la vista del huerto, del elemento frutal representado en la imagen corriente a partir de datos de posición asociados a la citada imagen corriente, los datos de posición corresponden a la posición de un dispositivo de adquisición de imagen durante la adquisición de la imagen corriente,
- 35 ▪ superponer una forma coloreada sobre la posición detectada en la vista del huerto, el color de la forma es representativo de un nivel de floración del elemento frutal.

6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que la etapa de visualización comprende además una subetapa que consiste en mostrar, para cada nivel de floración, una imagen de muestra correspondiente a una imagen adquirida inicial para la cual el número calculado de objetos de interés satisface dicho nivel de floración.

7. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa de determinación de un nivel de floración comprende una subetapa que consiste en determinar los umbrales de cada nivel de floración en función del número calculado de objetos de interés  $T_{m\acute{a}x}$  para el elemento frutal más florido aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Umbral } n = T_{m\acute{a}x} * (1 - (n/15)), \text{ con } 1 \leq n \leq 4.$$

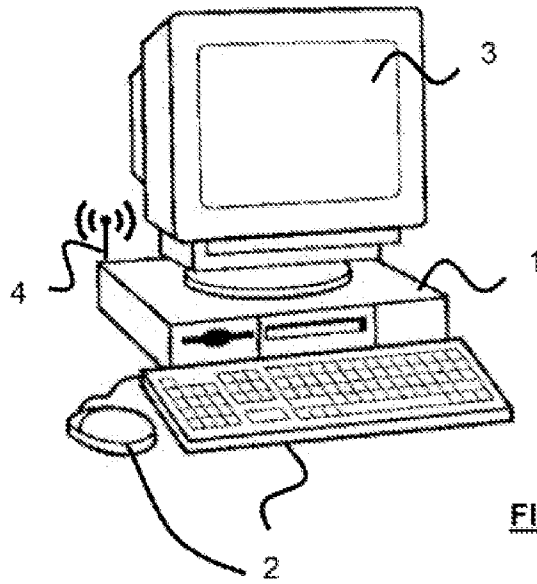
8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la etapa de determinación de un nivel de floración comprende una subetapa que consiste en determinar umbrales de cada nivel de floración en función de una curva de tendencia de un histograma de los números calculados de objetos de interés para el conjunto de elementos frutales del huerto.

9. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la fase de procesamiento posterior comprende además una etapa que consiste en enviar el mapa de niveles de floración generado a una consola de

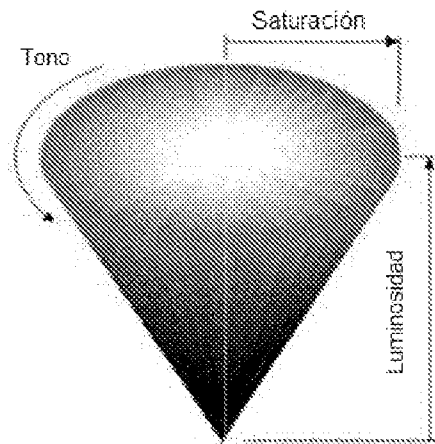
modulación de un dispositivo de aclareo, la consola de modulación permite ajustar la cantidad de producto químico de aclareo que se va a pulverizar sobre cada elemento frutal en función del nivel de floración asignado a cada elemento frutal.

5 10. Sistema de ayuda a la decisión para la gestión de un huerto de árboles frutales, que comprende medios para la implementación del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

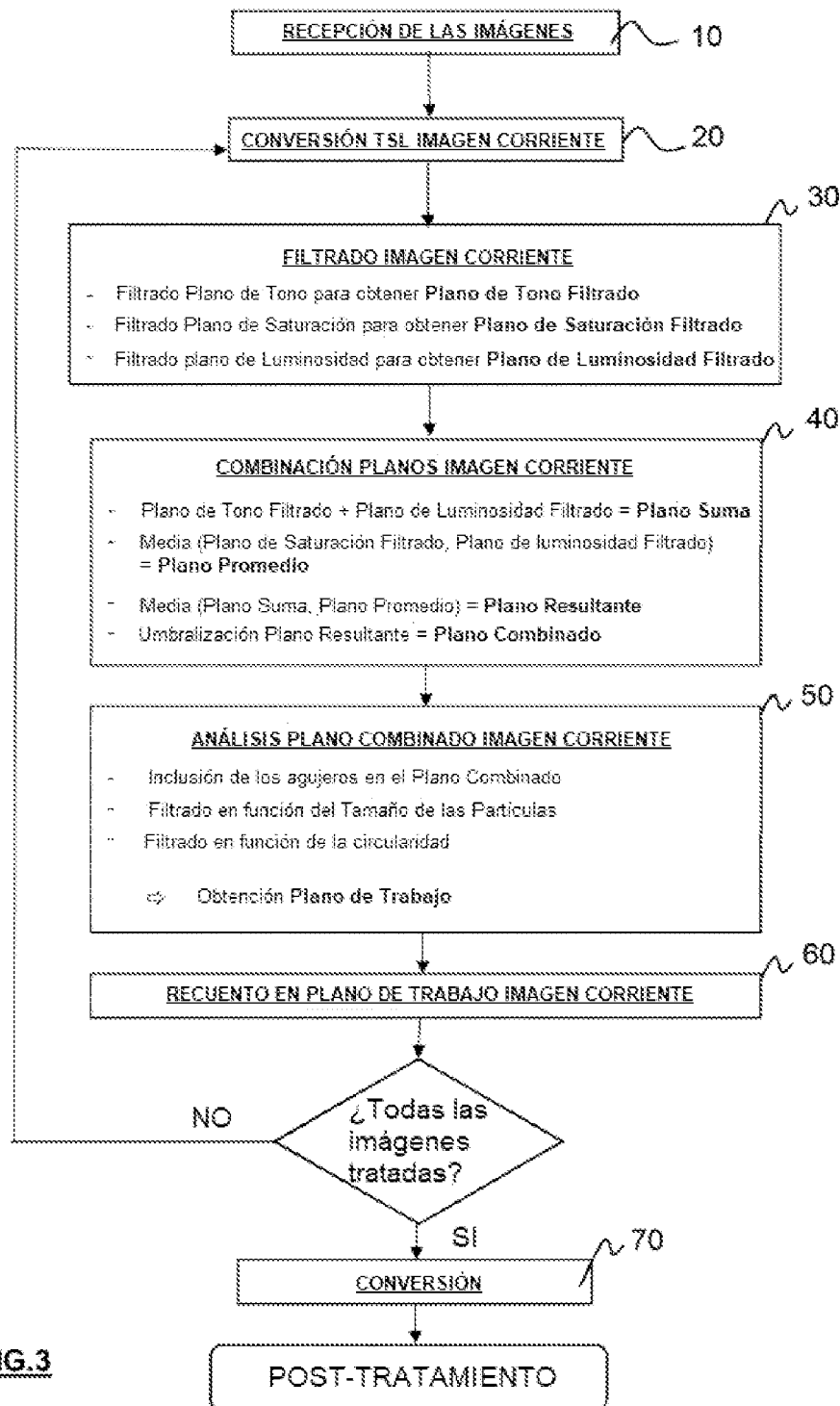
11. Un producto programa de ordenador que comprende instrucciones de código de programación destinadas a ejecutar las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 cuando el citado programa es ejecutado en un ordenador.

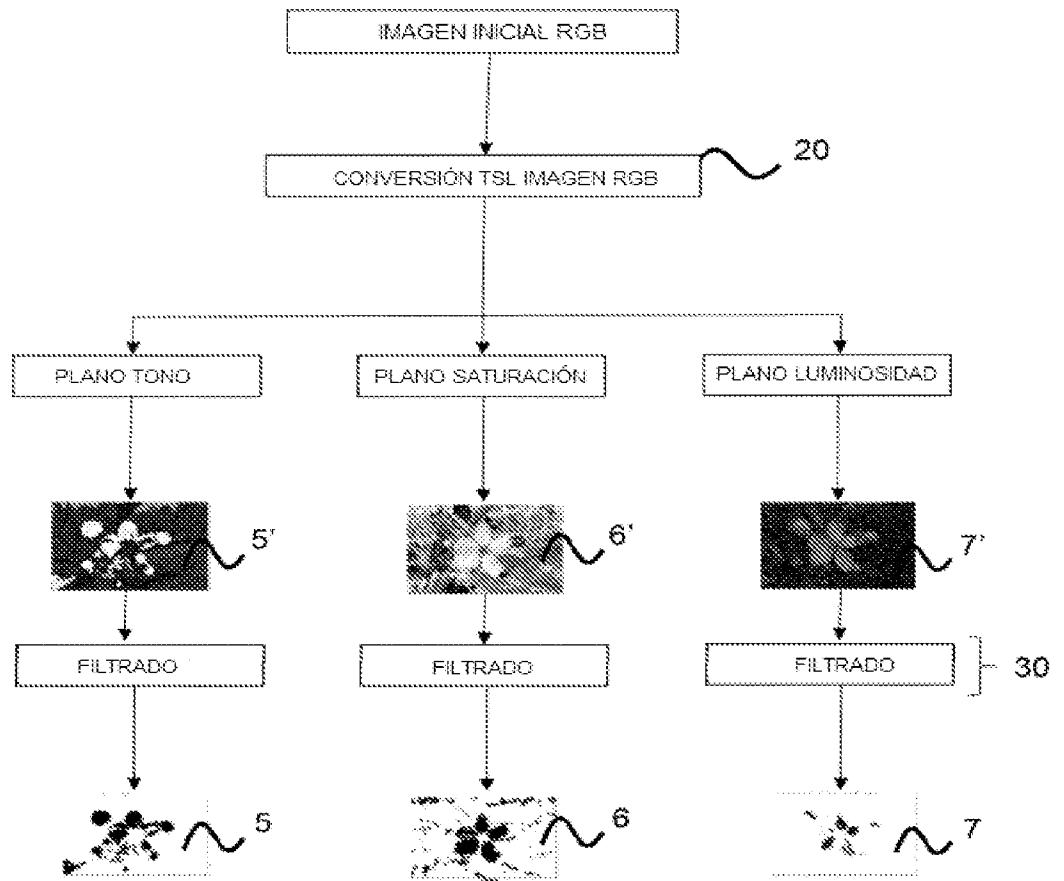


**FIG.1**

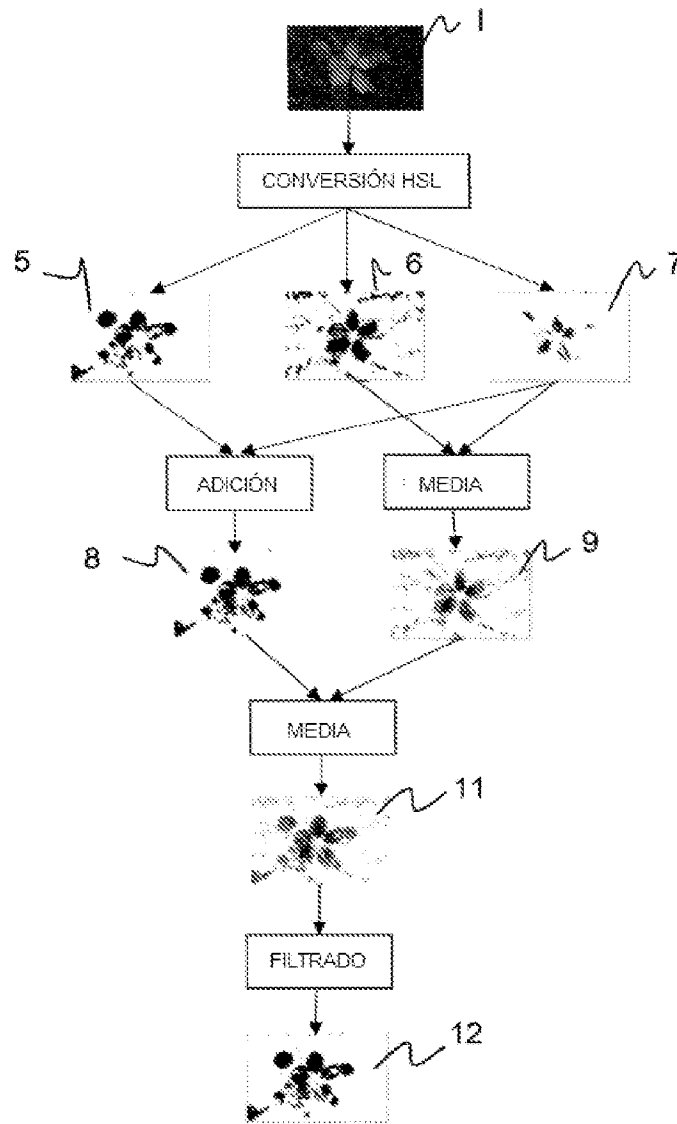


**FIG.2**

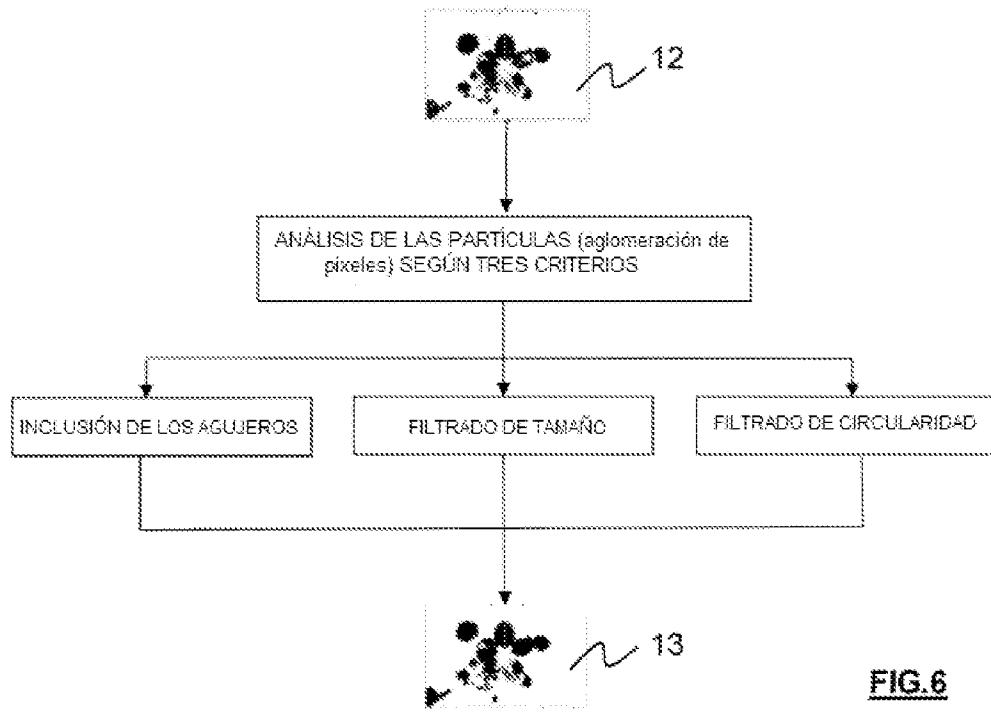




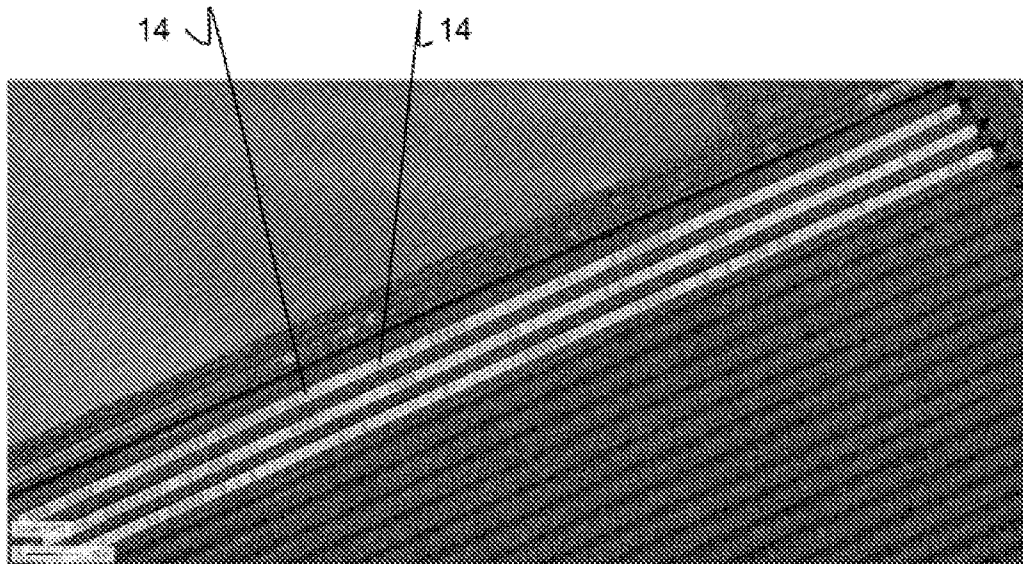
**FIG.4**



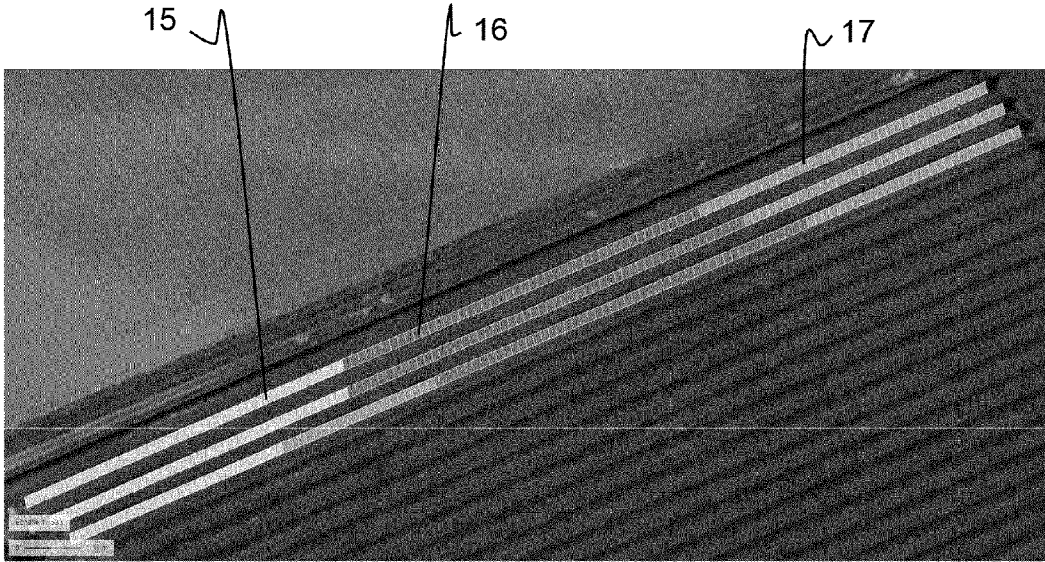
**FIG. 5**



**FIG.6**



**FIG.7**



**FIG.8**