

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 601**

51 Int. Cl.:

G06K 9/20	(2006.01)
H04N 1/60	(2006.01)
G06T 7/11	(2007.01)
G06T 7/174	(2007.01)
G06T 7/194	(2007.01)
G06T 7/00	(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.01.2013 PCT/EP2013/050947**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13110556**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2013 E 13701739 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2807631**

54 Título: **Dispositivo y método para detectar una planta contra un fondo**

30 Prioridad:

**23.01.2012 DE 102012200930
23.01.2012 US 201261589474 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.04.2019

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**UHRMANN, FRANZ;
SEIFERT, LARS;
SCHOLZ, OLIVER y
KOSTKA, GÜNTHER**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 709 601 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

Dispositivo y método para detectar una planta contra un fondo

5 La presente invención se refiere a la detección de plantas y, en particular, a la detección óptica de plantas que están plantadas en un campo, en un invernadero o en tierras de cultivo, o que existen de cualquier otro modo.

La detección de plantas es importante en la ingeniería agrícola, teniendo que mencionarse aquí el denominado fenotipado de plantas. Un ejemplo de detección adicional consiste en identificar plantas con el fin de permitir, por
10 ejemplo, la extracción automática de plantas no deseadas, es decir malas hierbas.

Para la detección tridimensional de objetos, se utilizan comúnmente diversos métodos, tales como métodos de luz en franjas o métodos de sección de luz. Dichos métodos ofrecen alta resolución espacial tridimensional. Sin embargo, con respecto a la iluminación, dependen de condiciones ambientales definidas. Una desventaja adicional es que la detección tridimensional no puede efectuarse en un periodo de tiempo muy corto.
15

Con los métodos de luz en franjas, deben proyectarse sucesivamente diferentes patrones de luz sobre el objeto, mientras que con los métodos de sección de luz, sólo se detecta una línea de contorno en un punto dado en el tiempo. Por tanto, para la detección tridimensional, el objeto debe escanearse.
20

Con el fin de producir las condiciones de luz definidas en tierras de cultivo y/o en un campo, debe instalarse una tienda que mantiene una luz ambiental del área que va a detectarse. Posteriormente, puede producirse una condición ambiental definida dentro de dicha tienda a prueba de luz para emplear el método de sección de luz o el método de luz en franjas. Una vez que se ha abordado un área específica ubicada dentro de la tienda, debe
25 desmontarse la tienda e instalarse de nuevo en otra ubicación antes de que puedan emplearse de nuevo el método de sección de luz y/o el método de luz en franjas en dicha otra ubicación.

Este enfoque requiere mucho tiempo y por tanto es caro. Además, no es adecuado para la detección tridimensional de áreas relativamente grandes puesto que este procedimiento es demasiado lento. Para lograr un rendimiento suficiente, un gran número de equipos tienen que trabajar en paralelo, lo que requiere muchas tiendas, muchas cámaras de sección de luz y, por tanto, también una gran exigencia en lo que se refiere a los especialistas cualificados, todo lo cual conduce a un aumento en el coste.
30

Por otra parte, particularmente en el desarrollo de semillas de plantas, es muy importante obtener una evaluación objetiva de las plántulas producidas a partir de un tipo determinado de semilla a intervalos regulares, tal como cada semana o cada dos semanas, sin que dichas plántulas se destruyan. Cabe señalar que como campos de prueba, han de emplearse campos que tengan un tamaño mínimo con el fin de tener condiciones de crecimiento razonablemente realistas. Por tanto, se requerirán áreas de prueba relativamente grandes si se desean áreas de cultivo grandes para un tipo de semilla.
35

Además de áreas de prueba considerables, se requieren datos precisos sobre la orientación espacial de las hojas de planta, sobre el tamaño de las hojas de planta, sobre la estructura de las hojas de planta, etc. con el fin de obtener información precisa sobre un tipo de semilla específico. Con el fin de obtener de manera fiable dicha información cuando las plantas no deben extraerse, se requiere detección tridimensional puesto que en el caso de la detección bidimensional sólo se detectan proyecciones y/o siluetas de hojas, no pueden determinarse sus orientaciones y tampoco pueden determinarse sus verdaderas áreas superficiales puesto que no puede extraerse ninguna conclusión en cuanto a la propia área a partir de una simple proyección sin conocimiento de la orientación del área proyectada.
40

Por tanto, se requiere la extracción de características de las plantas a partir de los datos de medición de métodos de obtención de imágenes, en diversas aplicaciones de ingeniería agrícola y ciencias agrícolas modernas. En este contexto, es necesario identificar la planta en los datos capturados y distinguir entre regiones de imagen que son parte de la planta y regiones de imagen que no son parte de la planta. Para la segmentación, normalmente se usan imágenes en color de una planta para la segmentación puesto que en dichas imágenes en color, la planta verde puede distinguirse claramente de, por ejemplo el suelo marrón.
45

Un método convencional de separar áreas de plantas y de fondo con la ayuda de datos preliminares se describe en la publicación especializada "Improving Plant Discrimination in image processing by use of different colour space transformation", I. Philipp, T. Rath, Computers and Electronics in Agriculture 35 (2002) 1-15 (Elsevier).
50

En este caso, los canales de color de RGB de cada píxel individual se transforman de manera adecuada, y posteriormente, se toma una decisión por medio de un criterio de decisión en cuanto a si el píxel se clasifica como un punto de imagen de planta o un punto de imagen no de planta (fondo). Por ejemplo, puede determinarse la proporción del canal verde en el color global para cada píxel y puede clasificarse como un píxel de planta si dicha
55

proporción supera un valor umbral.

Lo que resulta problemático en dichos métodos es la pequeña cantidad de información de una imagen en color. Sólo hay tres valores disponibles para cada punto de imagen: los niveles de brillo del canal verde, del canal rojo y del canal azul. Sin embargo, especialmente en la detección de plantas, puede haber grandes diferencias en el brillo, por ejemplo. Los motivos para esto son, por ejemplo, diferentes ángulos de las hojas de planta en relación con la fuente de luz y las sombras proyectadas por partes de las plantas. Además, los niveles de brillo dentro de una hoja o entre varias hojas no son homogéneos entre ellos. Las hojas frecuentemente tienen una vena primaria clara o tallos más claros.

Debido a la gran variabilidad que es posible y a la dinámica limitada de cámaras en color, sucede que las regiones claras de la planta se sobreexponen, y que las regiones oscuras de la planta se subexponen. Por ejemplo, los tallos claros de la hoja se sobreexponen, mientras que algunas regiones en los bordes de la hoja son demasiado oscuras para la segmentación fiable debido a su curvatura hacia abajo.

La publicación técnica de Chin-Hung Teng *et al.* "Leaf Segmentation, Its 3D Position Estimation and Leaf Classification from a Few Images with Very Close Viewpoints" 6 de julio de 2009, Image Analysis and Recognition, Springer Berlin Heidelberg, Berlín, Heidelberg, páginas 937-946, ISBN: 978-3-642-02610-2 da a conocer un sistema completo para extraer hojas, recuperar sus posiciones 3D y finalmente clasificarlas basándose en la forma de la hoja. Para lograr la tarea se usan algunas imágenes con puntos de vista ligeramente diferentes. Las imágenes se capturan mediante una cámara digital portátil general y no se requiere calibración previa de la cámara. Dado que sólo algunas imágenes con puntos de vista cercanos son suficientes para segmentar las hojas y recuperar sus posiciones 3D, este sistema está configurado para ser flexible y fácil de usar en la adquisición de imágenes. Para la clasificación de hojas, se usa la distancia centroide-contorno normalizada como la característica de clasificación y se utiliza un esquema de comparación de desplazamiento circular para medir la similitud. Por tanto, este sistema es invariable para la traslación, rotación y ajuste a escala de la hoja.

El objeto de la presente invención es proporcionar un concepto mejorado para detectar una planta contra un fondo.

Este objeto se logra mediante un dispositivo para detectar una planta según la reivindicación 1, mediante un método de detección de una planta según la reivindicación 12, o mediante un programa informático según la reivindicación 13.

Un dispositivo para detectar una planta, por ejemplo una hoja de planta, contra un fondo incluye un medio de proporcionamiento de una pluralidad de fotografías diferentes de la hoja de planta contra el fondo, difiriendo las fotografías en que puntos de imagen de las fotografías diferentes que se refieren a la misma ubicación de la hoja de planta tienen diferentes niveles de brillo. Además, se proporciona un medio de selección de tales puntos de imagen, de las fotografías diferentes, cuyos niveles de brillo están dentro de un rango predeterminado, seleccionándose un punto de imagen de una primera fotografía para una primera ubicación de la hoja de planta, y seleccionándose un punto de imagen de una segunda fotografía diferente para una ubicación diferente de la hoja de planta para obtener una representación compuesta, o representación fusionada de la hoja de planta contra el fondo, estando compuesta dicha representación por y/o fusionada a partir de fotografías diferentes. Además, se proporciona un medio de segmentación de la fotografía compuesta para obtener una representación de segmentos que comprende la hoja de planta sin el fondo o el fondo sin la hoja de planta.

La presente invención se basa en el hallazgo de que puede lograrse una segmentación más estable y fiable de plantas en fotografías en color porque se crean varias fotografías de la misma planta, tal como de una hoja de planta o, generalmente, de parte de una planta o de varias plantas, que tienen diferentes niveles de brillo para realizar entonces una compresión de rango dinámico (compresión de volumen). De esta manera, las partes sobreexpuestas de una fotografía se reemplazan por las mismas partes de una fotografía diferente que tiene un nivel de exposición inferior. La fotografía que tiene el nivel de exposición inferior da como resultado que las áreas que están sobreexpuestas en la primera fotografía se exponen normalmente. Por otra parte, las áreas expuestas normalmente de la primera fotografía probablemente se subexponen en la segunda fotografía subexpuesta, lo que sin embargo no es crítico, puesto que las áreas expuestas normalmente de la primera fotografía para el área de imagen correspondiente pueden utilizarse para el área de imagen correspondiente. Asimismo, las áreas que están subexpuestas en la primera fotografía pueden tomarse de una fotografía adicional que está altamente expuesta. Este alto nivel de exposición da como resultado que aquellas áreas que están subexpuestas realmente en la primera fotografía se exponen normalmente, mientras que obviamente, las áreas de la primera fotografía que ya están sobreexpuestas allí, se sobreexponen incluso más. Sin embargo, esto no es crítico puesto que no es necesario usar las áreas sobreexpuestas de la primera fotografía, sino que puede realizarse en cambio el uso de las áreas correspondientes de la segunda fotografía, que se ha expuesto en un menor grado que la primera fotografía.

Según la invención, se produce por tanto una representación compuesta de la hoja de planta que tiene una dinámica claramente inferior que la que puede encontrarse en las fotografías originales. Si la representación compuesta se

presentó visualmente, por ejemplo en un monitor o en una foto, no tendría una calidad particularmente alta. Por otra parte, debió a la compresión de rango dinámico realizada, dicha representación compuesta es particularmente muy adecuada para la segmentación posterior, puesto que allí se han eliminado los problemas de sobreexposición y/o subexposición.

5 A continuación se explicarán en detalle realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

10 la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo inventivo para detectar una hoja de planta y/o una representación de un método de detección de una hoja de planta;

la figura 2a muestra una representación esquemática de una primera imagen de exposición media;

15 la figura 2b muestra una representación esquemática de una segunda imagen de exposición alta;

la figura 2c muestra una representación esquemática de una tercera imagen de exposición baja;

la figura 2d muestra una representación esquemática que comprende la representación compuesta;

20 la figura 3a muestra una representación esquemática de la imagen con numeración de píxeles;

la figura 3b muestra una representación compuesta presentada como una lista;

25 la figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método de detección preferido de una hoja de planta;

las figuras 5a a 5g muestran fotografías diferentes con tiempos de exposición crecientes de la misma planta;

la figura 5h muestra una representación del resultado del algoritmo de separación; y

30 la figura 5i muestra una representación óptica de la representación compuesta con la que se ha realizado el algoritmo de segmentación con el fin de obtener la figura 5h.

35 La figura 1 muestra un dispositivo para detectar una hoja de planta contra un fondo. El dispositivo incluye un medio 10 de proporcionamiento de una pluralidad de fotografías diferentes de la hoja de planta contra el fondo, difiriendo las fotografías en que puntos de imagen de las fotografías diferentes que se refieren a la misma ubicación de la hoja de planta se iluminan con diferentes niveles de brillo.

40 El medio 10 de proporcionamiento está acoplado a un medio 12 de selección de puntos de imagen de las fotografías diferentes, estando los niveles de brillo de las fotografías diferentes dentro de un rango predeterminado. En particular, el medio de selección está configurado de manera que para una primera ubicación de la hoja de planta, se selecciona un punto de imagen de una fotografía, y para una ubicación diferente de la hoja de planta, se selecciona un punto de imagen de una segunda fotografía diferente para obtener una representación compuesta de la hoja de planta contra el fondo compuesto por fotografías diferentes. El medio 12 de selección está acoplado a un medio 14 de segmentación de la fotografía compuesta para obtener una representación de segmentos que comprende solo la hoja de planta sin el fondo o el fondo sin la hoja de planta.

50 El medio 10 de proporcionamiento de fotografías diferentes está configurado, por ejemplo, como una cámara en color que fotografía la misma hoja de planta contra el fondo con diferentes tiempos de exposición para producir las fotografías diferentes. Por tanto, se toman una serie de fotografías para cada punto de imagen en lugar de una sola fotografía de la imagen, iluminándose los puntos de imagen individuales de forma diferente. Dependiendo de la implementación, esto puede lograrse de diversas maneras. Por ejemplo, pueden variarse el tiempo de exposición, la intensidad de iluminación, la dirección de iluminación o la sensibilidad de la cámara. Dependiendo de la implementación, las posiciones de la cámara en color y la hoja de planta se mantienen estacionarias, por ejemplo, de modo que en las fotografías individuales, resulta una coincidencia perfecta de los píxeles individuales.

55 Alternativamente, entre las diversas fotografías, también puede cambiarse la ubicación relativa de la iluminación, de la planta o de la cámara. Sin embargo, en este caso se requerirá entonces que puntos de imagen correspondientes estén asociados entre sí. Esto puede lograrse, por ejemplo, porque se emplean sensores de posición, por ejemplo dentro de la cámara. Tales sensores de posición son generadores de posición o sensores de aceleración, por ejemplo. Alternativamente, también puede hacerse funcionar sin ningún sensor de aceleración. En este caso, el medio 10 de proporcionamiento está configurado para extraer características comunes a partir de las fotografías diferentes y crear, debido al cambio en tal característica común de una fotografía a la siguiente, un vector de movimiento que describe el movimiento relativo entre la cámara y la hoja de planta. Dicho vector de movimiento puede ser un vector bidimensional si la distancia desde la hoja de planta no ha cambiado. Sin embargo, si la hoja de planta y la cámara deben cambiar en lo que se refiere a su distancia mutua, el vector de movimiento será un vector

tridimensional. La tercera dimensión, es decir la distancia entre la cámara y la hoja de planta, también puede determinarse a partir de las imágenes basándose en características extraídas comunes. Por ejemplo, si la característica común de una segunda fotografía es más pequeña que la característica correspondiente en la primera fotografía, la distancia entre la cámara y la hoja de planta era mayor en la segunda fotografía. La distancia se calculará entonces basándose en la razón de los tamaños de las características comunes en las fotografías diferentes.

Una cámara disponible comercialmente tiene normalmente una profundidad de color, o un rango dinámico, de 8 bits. Esto corresponde a 256 gradaciones de colores, o niveles de brillo, por canal de color. Preferiblemente, todo este rango dinámico se divide en un número N de subrangos dinámicos diferentes. Si, por ejemplo, se realiza una subdivisión de todo el rango dinámico máximo en cinco subrangos, cada subrango tendrá un conjunto de 51 gradaciones de colores, o niveles de brillo, por canal de color. En este caso, se tomarían un total de cinco fotografías de la hoja de planta, ajustándose los niveles de exposición para cada fotografía de tal manera que el rango dinámico se encuentra en el subrango correspondiente. Dependiendo de la implementación, se realiza la subdivisión en más subrangos dinámicos, lo que directamente da como resultado más fotografías individuales. Alternativamente, también es posible tomar menos fotografías, tal como solo tres fotografías por ejemplo, en cuyo caso la exposición se ajusta de manera que hay píxeles predominantemente expuestos en tres rangos dinámicos diferentes. Por ejemplo, con la subdivisión en tres rangos dinámicos, cada rango dinámico tendría aproximadamente 85 gradaciones de brillo y/o color por canal de color.

El medio 12 de selección está configurado, dependiendo de la implementación, de manera que a partir de las fotografías realizadas, se constituyen varios niveles de brillo de imagen para puntos correspondientes a la vez que se tienen en cuenta los parámetros de toma de imagen, en particular las posiciones de la cámara y del objeto. Por tanto, el medio 12 de selección usa los resultados del medio 10 de proporcionamiento, y en particular un vector de movimiento bidimensional o tridimensional con un movimiento relativo permitido entre la cámara y la hoja. Sin embargo, si no hay movimiento relativo entre la cámara y la hoja, esto dará como resultado que las fotografías diferentes reproducirán la misma parte de la hoja de planta contra el fondo, y que, por tanto, los píxeles individuales coincidirán perfectamente entre sí. Un píxel que tiene una coordenada específica dentro de una fotografía reproduce por tanto la misma ubicación de la hoja de planta que el píxel que tiene la misma coordenada en una fotografía diferente.

A continuación se representarán diferentes implementaciones del medio 12 de selección por medio de las figuras 2a a 3b.

La figura 2a muestra una representación esquemática de una primera imagen, o de una primera fotografía, que se ha sometido a exposición media. La "G" en los píxeles individuales (mostrándose una imagen de $8 \times 8 = 64$ píxeles a modo de ejemplo) representa el brillo del canal verde. Puede observarse, por ejemplo, que los niveles de brillo del canal verde varían entre 1 (a la izquierda en la figura 2a) y 20 (a la derecha en la figura 2a), suponiéndose un rango dinámico máximo de 1 a 20 para este ejemplo. La exposición media se ha determinado, por ejemplo, por una cámara digital que tiene control de exposición automática; sin embargo, puede observarse que el área a la izquierda de la hoja de planta está subexpuesta, mientras que el área a la derecha de la hoja de planta está sobreexpuesta. Simplemente por motivos de claridad, los otros píxeles, que no se han designado específicamente en la figura 2a, se han dejado en blanco. Naturalmente, también contienen información en los tres canales de color. Adicionalmente, la figura 2a muestra aquellos píxeles de la hoja que ya se han considerado como el resultado de la segmentación, que adopta una forma aproximadamente triangular en la figura 2a. Naturalmente, sin embargo, la segmentación todavía no se conoce en el momento en que se toma la fotografía de la figura 2a, sino que se calculará después basándose en la representación compuesta tal como se muestra en la figura 2d, por ejemplo.

Sin embargo, la segmentación típica, si se aplica directamente a la primera imagen en la figura 2a, mostrará fiabilidad reducida puesto que las áreas sobreexpuestas a la derecha en la figura 2a y las áreas subexpuestas a la izquierda en la figura 2a no pueden detectarse de manera fiable.

La figura 2b muestra una fotografía adicional, o una segunda imagen, de la hoja de planta contra el fondo, pero ahora con exposición alta. Esto da como resultado que las áreas altamente expuestas a la derecha en la figura 2b se hayan saturado debido a la exposición incluso mayor, y que todas ellas aparezcan con el brillo 20 máximo. Las áreas centrales también se registran con el brillo máximo o casi máximo. Sin embargo, el área subexpuesta a la izquierda en la figura 2b y la figura 2a, respectivamente, está ahora expuesta normalmente. Para el ejemplo mostrado en la figura 2b, se aumentó el nivel de exposición hasta un grado tal que resultan niveles de brillo que son mayores en "nueve" con respecto a la imagen 1.

La figura 2c muestra una fotografía adicional de la pluralidad de fotografías producidas mediante el medio 10 de la figura 1. En este caso, se ha utilizado un nivel de exposición bajo, lo que da como resultado que las áreas a la izquierda en la figura 2c, que ya se han sometido a exposición baja en cualquier caso, estén al nivel de saturación inferior, es decir que permanezcan al mismo nivel bajo de exposición. Sin embargo, la fotografía que tiene

exposición baja da como resultado que aquellas áreas que están sobreexpuestas en las figuras 2a y 2b están ahora ubicadas dentro de un rango dinámico medio. Con respecto a la imagen 1, en la figura 2c se seleccionó el nivel de brillo para que fuera inferior en un valor de "9".

- 5 Se observará que las cámaras en color típicas tienen rangos dinámicos de 256, tal como ya se expuso anteriormente. Solo a modo de ejemplo, se supusieron dinámicas máximas de 20 en las figuras 2a a 2c.

10 La figura 2d muestra ahora una imagen compuesta, o fusionada, que se ha formado una vez que se ha supuesto un rango de selección de niveles de brillo que incluye niveles de brillo de entre 9 y 14. Esto muestra que el área central se ha seleccionado de la primera imagen de la figura 2a, que el área a la izquierda se ha seleccionado de la segunda imagen altamente expuesta de la figura 2b, y que el área a la derecha se ha seleccionado de la tercera imagen de baja exposición de la figura 2d.

15 En el ejemplo mostrado en la figura 2d se ha proporcionado un rango medio de 9 a 14 para seleccionar los píxeles individuales de las diferentes imágenes. Alternativamente, la selección también puede efectuarse de manera que se determina, para cada píxel, la fotografía en la que existe un píxel que está más próximo a la mitad del rango dinámico máximo, es decir, que está más próximo a 10. El resultado conduciría a la misma representación compuesta de la figura 2d en el ejemplo representado en las figuras 2a a 2d. Sin embargo, esta implementación (es decir, el hecho de que para cada píxel, se selecciona aquella imagen cuyo píxel está más próximo al valor objetivo) garantiza que se encuentra automáticamente una información para cada píxel de cualquiera de la pluralidad de imágenes.

25 La imagen compuesta mostrada en la figura 2d puede producirse realmente de tal manera que parece que es una sola fotografía. También es posible la representación visual de esta imagen compuesta, sin embargo, es de poca calidad para cualquier observador y no resulta agradable. El motivo para esto es que la imagen muestra dinámica comprimida que es solo de entre 9 y 14, mientras que todos los rangos dinámicos de las fotografías subyacentes son mayores, siendo el rango dinámico de la primera fotografía, en particular, el rango dinámico máximo de entre 1 y 20. Sin embargo, con el fin de realizar segmentación, no se requiere producir la representación compuesta como una imagen compuesta. Esto depende simplemente de la forma en la que el algoritmo de segmentación realizado en el medio 14 de segmentación requiere que estén los datos de entrada. Alternativamente, también puede producirse una lista que comprende referencias como representación compuesta, que se caracteriza porque existe, para cada píxel, una referencia a una de la pluralidad de fotografías.

35 En este contexto, a continuación se facilitará la generación alternativa de la representación compuesta con referencia a las figuras 3a y 3b. La figura 3a, de nuevo, muestra la imagen, ahora sin embargo con las coordenadas de píxel para los píxeles comentados en las figuras 2a a 2d. Además, la tabla en la figura 3b muestra el valor de brillo de la imagen correspondiente para cada coordenada de píxel, respectivamente. La última columna de la tabla en la figura 3b indica la selección, estando asociada ahora una referencia a la imagen 1, la imagen 2 o la imagen 3 con cada píxel. La representación compuesta sería por tanto una lista de las coordenadas de píxel de 1 a 64 y, asociada con cada coordenada de píxel, información de selección en cuanto a cuál de las fotografías individuales en que el píxel tiene esta coordenada se toma para que aparezca en la representación compuesta. Si esta lista de la figura 3b se transforma en una sola fotografía de píxeles compuesta y/o en una matriz de píxeles, lo que dará como resultado precisamente la representación en la figura 2d.

45 El medio 12 de selección puede implementarse adicionalmente de manera que para cada punto de imagen, se evalúa una serie de niveles de brillo y/o datos de brillo de imagen y se utilizan para segmentación. Un algoritmo consistiría en que, por ejemplo, se utilizan los valores (de la serie obtenida) en los que el brillo de un canal de color y/o el brillo promedio de todos los canales de color están dentro del rango dinámico promedio de la cámara, si es posible. De esta manera, se evita la aparición de píxeles sobreexpuestos o subexpuestos, y se evita que no pueda tener lugar ahí segmentación fiable. Una imagen en color, o una representación compuesta, así generada puede segmentarse entonces por medio de un algoritmo convencional, dependiendo de la implementación. Además, un algoritmo de segmentación más complejo tendría en cuenta la curva del brillo para los tres canales de color a la vez que se considera la situación de toma de imagen, y se utilizaría esto para la segmentación.

55 Aunque en las figuras 2a a 3b, sólo se han considerado los valores de brillo de verde de los puntos de imagen individuales de las fotografías individuales, lo que en este caso parece intuitivamente razonable para detectar una planta verde, se ha encontrado que se logran mejores resultados en la segmentación no seleccionando los niveles de brillo de un canal de color y descartando los niveles de brillo de los otros canales de color. En cambio, se prefiere calcular, para cada punto de imagen, un nivel de brillo promedio en cualquier canal de color para dicho punto de imagen y entonces realizar la selección según la figura 2d o la figura 3b basándose en este valor promedio.

A continuación se presentará una implementación preferida del método de detección de una imagen con referencia a la figura 4. En una etapa 40, se generan varias fotografías que tienen diferentes niveles de exposición mediante el medio 10 de proporcionamiento de la figura 1. Dicha generación puede efectuarse, por ejemplo, por parte de una

cámara en color digital comercialmente disponible. Alternativamente, también es posible leer cualquier imagen (que se haya tomado previamente) por parte del medio de proporcionamiento de fotografías diferentes. En una etapa 41, el medio 12 de selección realiza el cálculo del brillo promedio por píxel de los tres canales de color para cada imagen, de modo que así se genera una representación de cada fotografía que sólo tiene un valor de brillo promedio por píxel. Posteriormente, se realiza una selección para cada píxel en una etapa 42. En particular, a partir de la imagen correspondiente, se selecciona aquel píxel cuyo nivel de brillo promedio está más próximo a la mitad del brillo máximo. Si el brillo máximo es un valor de 256, por ejemplo, la mitad del brillo máximo sería 128. Se prefiere este valor promedio. Sin embargo, se ha encontrado que se obtendrán resultados similarmente buenos si se varía la mitad del brillo máximo en + o - el 50% de la mitad del brillo máximo, es decir, si se utiliza un valor de 192 en lugar de 128, o si se utiliza un valor de 64 en lugar de 128.

Basándose en el resultado de la etapa 42, una etapa 43 comprende generar una representación compuesta o bien como matriz de píxeles según la figura 2d o bien como una lista de referencias a las imágenes individuales según la figura 3b o de una forma diferente utilizada de manera común. Posteriormente, una etapa 44 comprende realizar segmentación por parte del medio 14 de la figura 1 basándose en la representación compuesta, y posiblemente el cálculo de las características de la hoja. Dichas características de la hoja se refieren a un número de hojas, a los tamaños de las hojas individuales, a áreas superficiales y/o formas de superficie y, también, a la orientación de la hoja y/o un ángulo de inclinación de la hoja, por ejemplo, en relación con el sol, a una fuente de iluminación diferente o a una dirección de referencia.

La segmentación en la etapa 4 se realiza preferiblemente tal como se expone en el documento mencionado anteriormente. En particular, se realiza un análisis discriminante que consiste en dos partes. Inicialmente, se realiza transformación del espacio de color, que va seguido por binarización. La binarización se refiere a la diferencia entre la planta y el suelo y/o el fondo. No se requiere formación de umbral extra para este fin. Mediante el uso de los datos de aprendizaje producidos específicamente y la siguiente función discriminante, que puede ser lineal o logarítmica, se calcula la probabilidad de que cada píxel de las imágenes de prueba pertenezca a un grupo correspondiente (planta o fondo). Posteriormente, se asigna cada píxel a un grupo basándose en la probabilidad calculada. Con el fin de analizar un conjunto de datos desconocido a la vez que se usa análisis discriminante o transformación canónica, se requiere el conjunto de datos de aprendizaje. Esto define los diferentes grupos y sus características. Por tanto, se toman diferentes imágenes en diferentes condiciones ambientales. Por ejemplo, en cada imagen pueden marcarse manualmente 20 regiones de plantas y 20 regiones de fondo o suelo. Para cada región, se calcula la intensidad de gris promedio de cada canal y se almacena como conjunto de datos de aprendizaje.

Las figuras 5a a 5g muestran diferentes imágenes que tienen tiempos de exposición crecientes de la misma planta. En particular, se muestran siete imágenes, en las que la figura 5a es muy oscura, es decir está relativamente subexpuesta en total, y la figura 5g es muy clara, es decir está relativamente sobreexpuesta en total. La figura 5i muestra una representación óptica, o visual, de la representación compuesta, o fusionada, tal como se genera por los medios de selección por ejemplo de la figura 4. Puede reconocerse mala calidad óptica basándose en la dinámica reducida y/o comprimida. Sin embargo, dicha mala calidad óptica es irrelevante puesto que no es necesario presentar ópticamente la representación fusionada, sino que simplemente ha de alimentarse en el algoritmo de segmentación. La figura 5h muestra una representación del resultado del algoritmo de separación con un resultado claro de la planta. Además, a la derecha también pueden observarse dos artefactos que, sin embargo, están claramente delimitados y pueden filtrarse fácilmente. Basándose en la representación de la figura 5h, que tampoco tiene que existir necesariamente en la forma óptica ilustrada, pueden realizarse entonces cálculos y/o determinaciones adicionales de las características de la planta.

Aunque anteriormente se describieron determinadas características de la presente invención en relación con un dispositivo o un método, se observará que la descripción de características del dispositivo es simultáneamente una descripción de la funcionalidad en forma de método y/o como una etapa de método, y que además, la descripción de las etapas del método es simultáneamente una descripción de las características de un dispositivo, es decir de un dispositivo o un medio configurado para realizar esta etapa del método.

Dependiendo de las condiciones, el método inventivo de analizar cualquier señal de información puede implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse en un medio de almacenamiento no transitorio o en un medio de almacenamiento digital, en particular un disco o un CD que tiene señales de control legibles electrónicamente que pueden actuar conjuntamente con un sistema informático programable de manera que se realice el método. Generalmente, la invención también consiste por tanto en un producto de programa informático que tiene un código de programa, almacenado en un portador legible por máquina, para realizar el método cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. En otras palabras, la invención puede realizarse por tanto como un programa informático que tiene un código de programa para realizar el método cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para detectar una planta contra un fondo, que comprende:
- 5 un medio (10) de proporcionamiento de una pluralidad de fotografías diferentes de la hoja de planta contra el fondo, difiriendo las fotografías en que puntos de imagen de las fotografías diferentes que se refieren a la misma ubicación de la hoja de planta tienen diferentes niveles de brillo;
- 10 un medio (12) de selección de tales puntos de imagen, de las fotografías diferentes, cuyos niveles de brillo están dentro de un rango predeterminado, seleccionándose un punto de imagen de una primera fotografía para una primera ubicación de la hoja de planta, y seleccionándose un punto de imagen de una segunda fotografía diferente para una ubicación diferente de la hoja de planta para obtener una representación de la hoja de planta contra el fondo, estando compuesta dicha representación por y/o fusionada a partir de fotografías diferentes,
- 15 en el que el medio (12) de selección está configurado para seleccionar (42), para una ubicación de la imagen, aquel punto de imagen de la pluralidad de fotografías diferentes, cuyo brillo está más próximo a un brillo predeterminado, en el que el brillo predeterminado es un valor de brillo que equivale a la mitad del brillo máximo o que se desvía de la mitad del brillo máximo en menos del 50% de la mitad del brillo máximo;
- 20 y
- un medio (14) de segmentación (44) de la fotografía compuesta para obtener una representación de segmentos que comprende la hoja de planta sin el fondo o el fondo sin la hoja de planta.
- 25 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el medio (12) de selección está configurado para seleccionar, para cada ubicación de la imagen, un punto de imagen correspondiente a partir de solo una imagen y para descartar los puntos de imagen correspondientes de las otras imágenes para la ubicación de la imagen.
- 30 3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las fotografías son fotografías en color, teniendo cada punto de imagen tres canales de color,
- estando configurado el medio (12) de selección para calcular (41) un valor promedio a partir de los niveles de brillo de los tres canales de color para cada punto de imagen y para realizar dicha selección basándose en el valor promedio.
- 35 4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2,
- 40 en el que las imágenes son imágenes en color, teniendo cada punto de imagen tres canales de color,
- estando configurado el medio (12) de selección para seleccionar el canal de color verde y para realizar dicha selección basándose solo en el canal de color verde y para ignorar los otros canales de color.
- 45 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 50 en el que el medio (12) de selección está configurado para generar la representación compuesta como una matriz de puntos de imagen que se origina a partir de las fotografías diferentes, o como una lista de referencias a puntos de imagen en las fotografías individuales, comprendiendo la lista, para cada punto de imagen, una referencia a una fotografía de la pluralidad de fotografías, y no comprendiendo ninguna referencia a una fotografía diferente de la pluralidad de fotografías.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 55 en el que el medio (14) de segmentación está configurado para realizar un análisis discriminante para segmentar la hoja de planta del fondo.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, en el que el medio (14) de segmentación está configurado para realizar transformación y binarización del espacio de color mientras se utilizan conjuntos de datos de aprendizaje.
- 60 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- un medio de cálculo (44) de las características de la planta a partir de la hoja de planta segmentada.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que el medio de cálculo está configurado para calcular un número de hojas de planta, un tamaño de una o más hojas de planta, un área superficial de una o más hojas de planta, una forma de una o más hojas de planta, una orientación o un ángulo de inclinación de una o más hojas de planta.
- 5
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio (10) de proporcionamiento está configurado para proporcionar varias fotografías, siendo un rango dinámico basado en una fotografía igual a un rango dinámico máximo dividido entre el número de fotografías, de modo que se proporcionan N fotografías para subdividir el rango dinámico máximo en N rangos, proporcionándose a cada rango una fotografía propia.
- 10
11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el medio (10) de cálculo comprende una cámara en color con un tiempo de exposición controlable.
- 15
12. Método de detección de una planta contra un fondo, que comprende:
- proporcionar (10) una pluralidad de fotografías diferentes de la hoja de planta contra el fondo, difiriendo las fotografías en que puntos de imagen de las fotografías diferentes que se refieren a la misma ubicación de la hoja de planta tienen diferentes niveles de brillo;
- 20
- seleccionar (12) tales puntos de imagen, de las fotografías diferentes, cuyos niveles de brillo están dentro de un rango predeterminado, seleccionándose un punto de imagen de una primera fotografía para una primera ubicación de la hoja de planta, y seleccionándose un punto de imagen de una segunda fotografía diferente para una ubicación diferente de la hoja de planta para obtener una representación de la hoja de planta contra el fondo, estando compuesta dicha representación por y/o fusionada a partir de fotografías diferentes,
- 25
- en el que seleccionar (12) comprende seleccionar (42), para una ubicación de la imagen, aquel punto de imagen de la pluralidad de fotografías diferentes, cuyo brillo está más próximo a un brillo predeterminado, en el que el brillo predeterminado es un valor de brillo que equivale a la mitad del brillo máximo o que se desvía de la mitad del brillo máximo en menos del 50% de la mitad del brillo máximo; y
- 30
- segmentar (14) la fotografía compuesta para obtener una representación de segmentos que comprende la hoja de planta sin el fondo o el fondo sin la hoja de planta.
- 35
13. Programa informático que comprende un código de programa para realizar el método de detección de una hoja de planta según la reivindicación 12, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o un procesador.

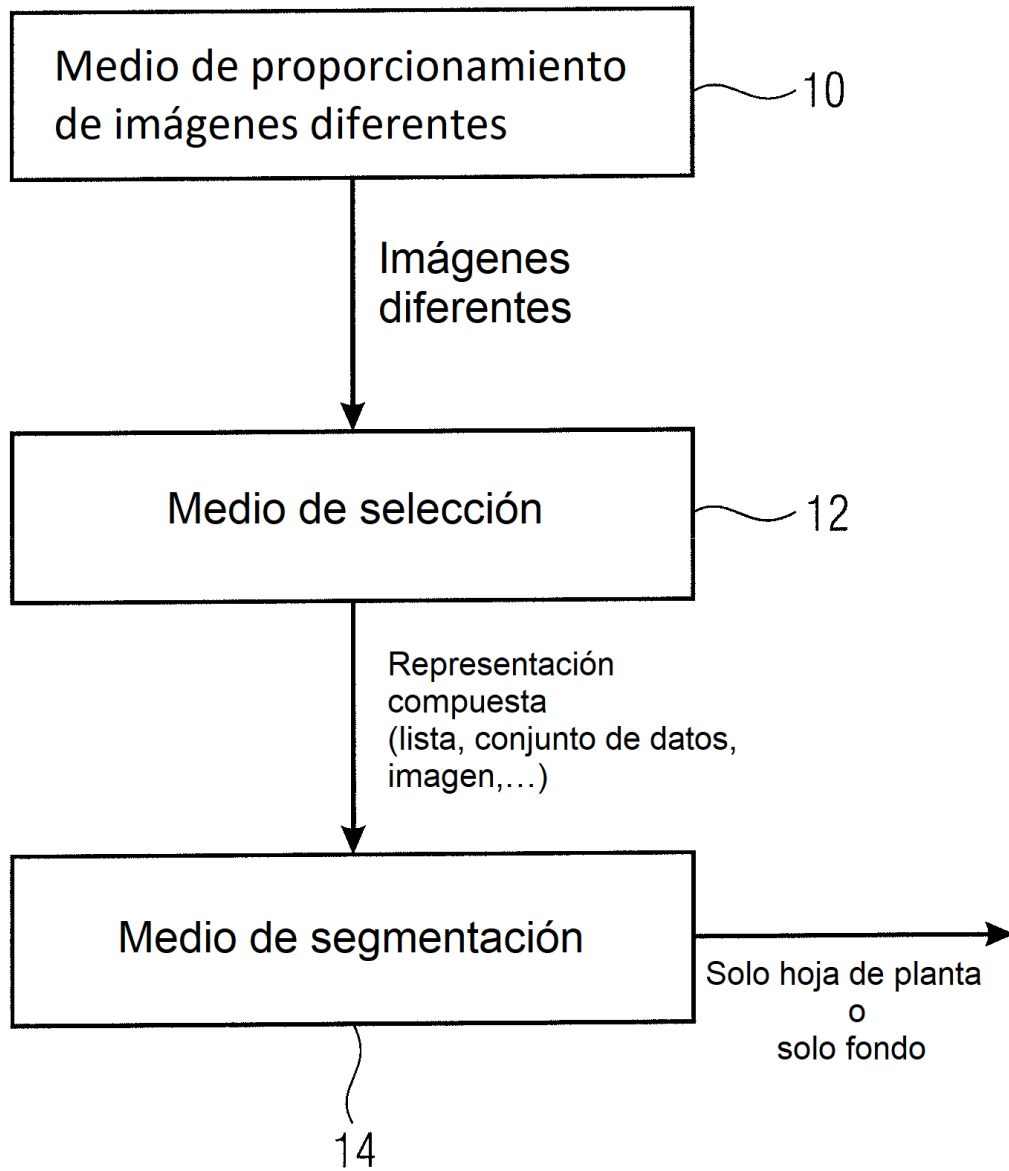


FIGURA 1

								Rango dinámico desde 1 hasta 20
				G^{10}	G^{19}			
			G^2	G^{11}	G^{20}			
		G^1	G^3	G^{13}	G^{19}			
			G^5	G^{12}	G^{18}			

1ª imagen, exposición media

FIGURA 2A

								Rango dinámico desde 10 hasta 20
				G^{19}	G^{20}			
			G^{11}	G^{20}	G^{20}			
		G^{10}	G^{12}	G^{20}	G^{20}			Con respecto a la imagen 1, los niveles de brillo son mayores en "9"
			G^{14}	G^{20}	G^{20}			

2ª imagen, exposición alta

FIGURA 2B

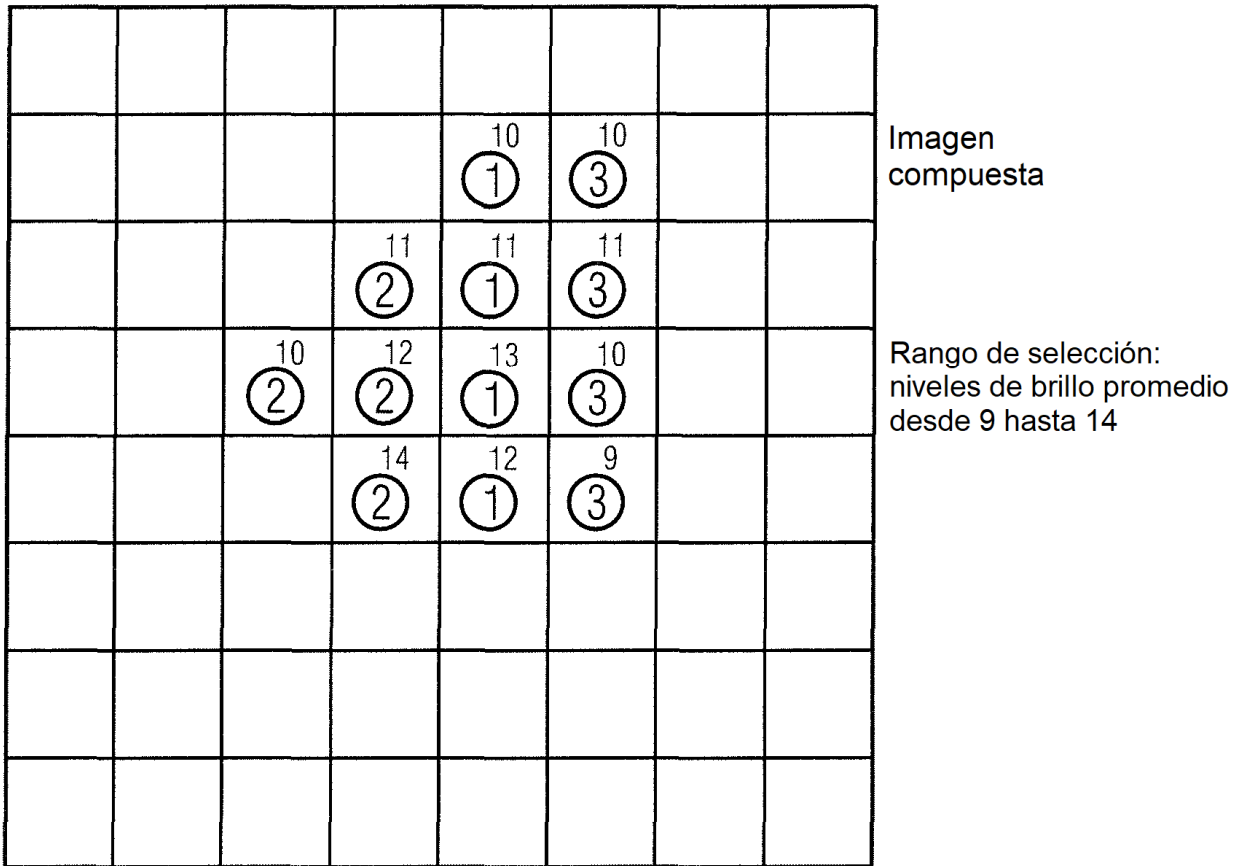
				G^1	G^{10}		
			G^1	G^2	G^{11}		
		G^1	G^1	G^4	G^{10}		
			G^1	G^3	G^9		

Rango dinámico desde 1 hasta 11

Con respecto a la imagen 1, los niveles de brillo son menores en "9"

3ª imagen, exposición baja

FIGURA 2C



- ① : De la 1ª imagen Rango dinámico desde 9 hasta 14
- ② : De la 2ª imagen
- ③ : De la 3ª imagen

FIGURA 2D

				13	14		
			20	21	22		
		27	28	29	30		
			36	37	38		

FIGURA 3A

	imagen ①	imagen ②	imagen ③	selección
13	10	19	1	①
14	19	20	10	③
⋮				
20	2	11	1	②
21	11	20	2	①
22	20	20	11	③
⋮				
27	1	10	1	②
28	3	12	1	②
29	13	20	4	①
30	19	20	10	③
⋮				

FIGURA 3B

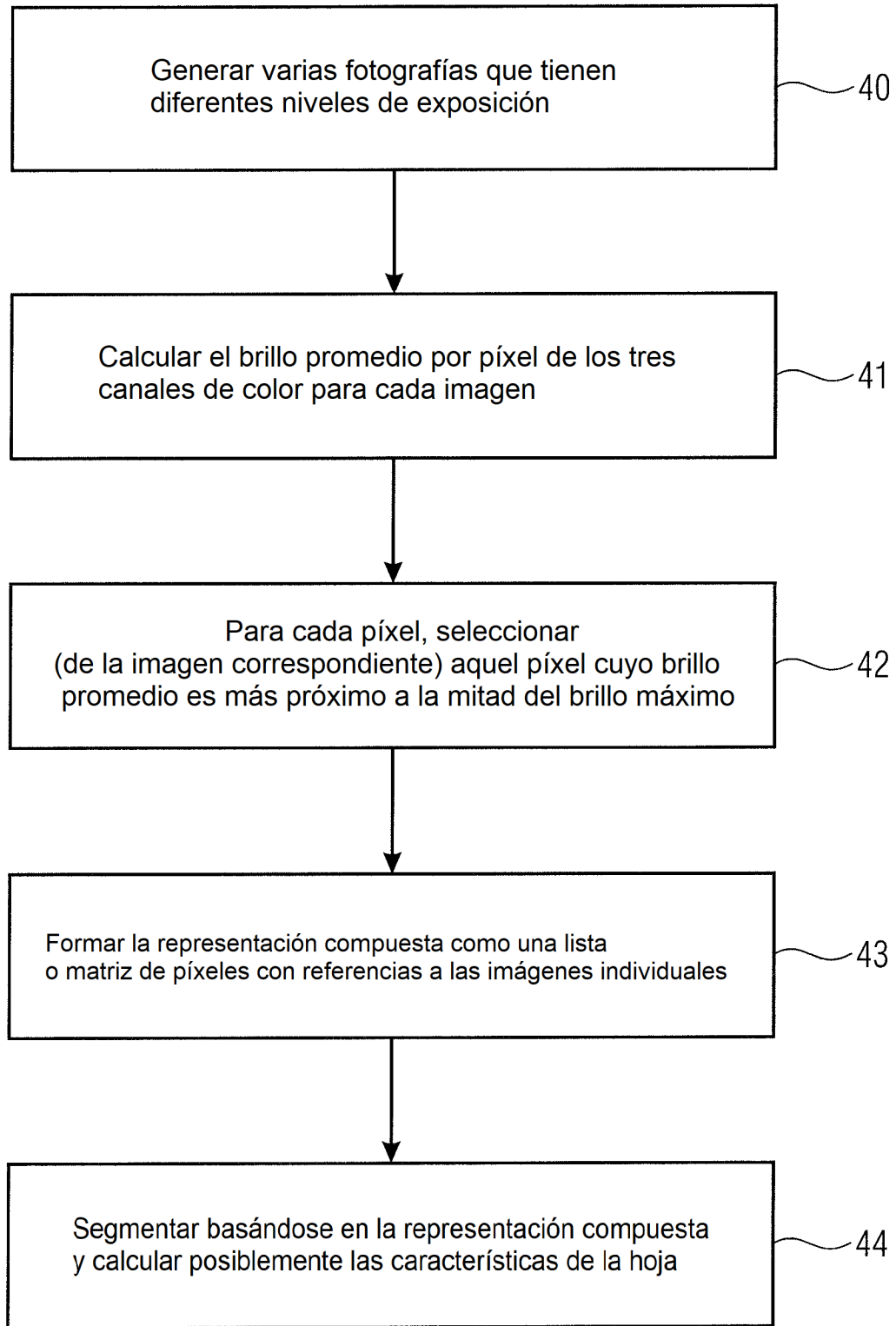


FIGURA 4

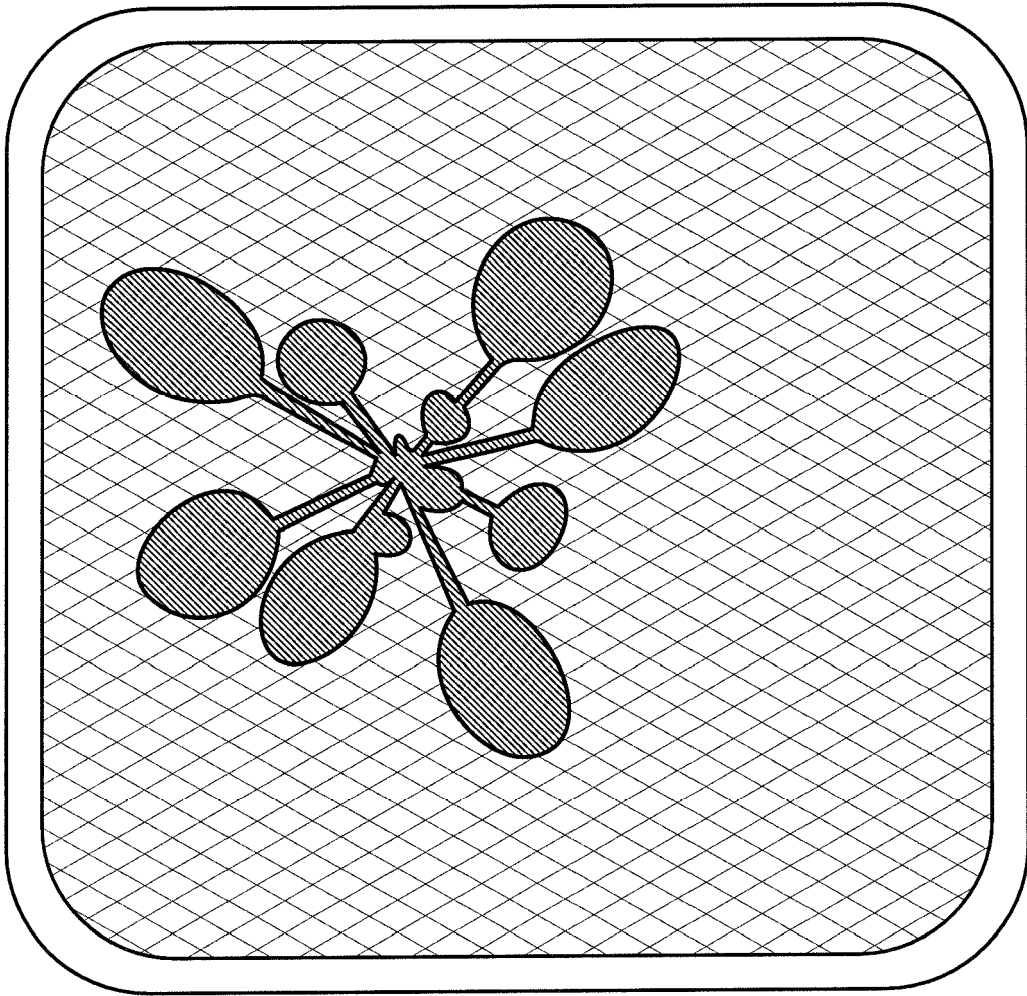


FIGURA 5A

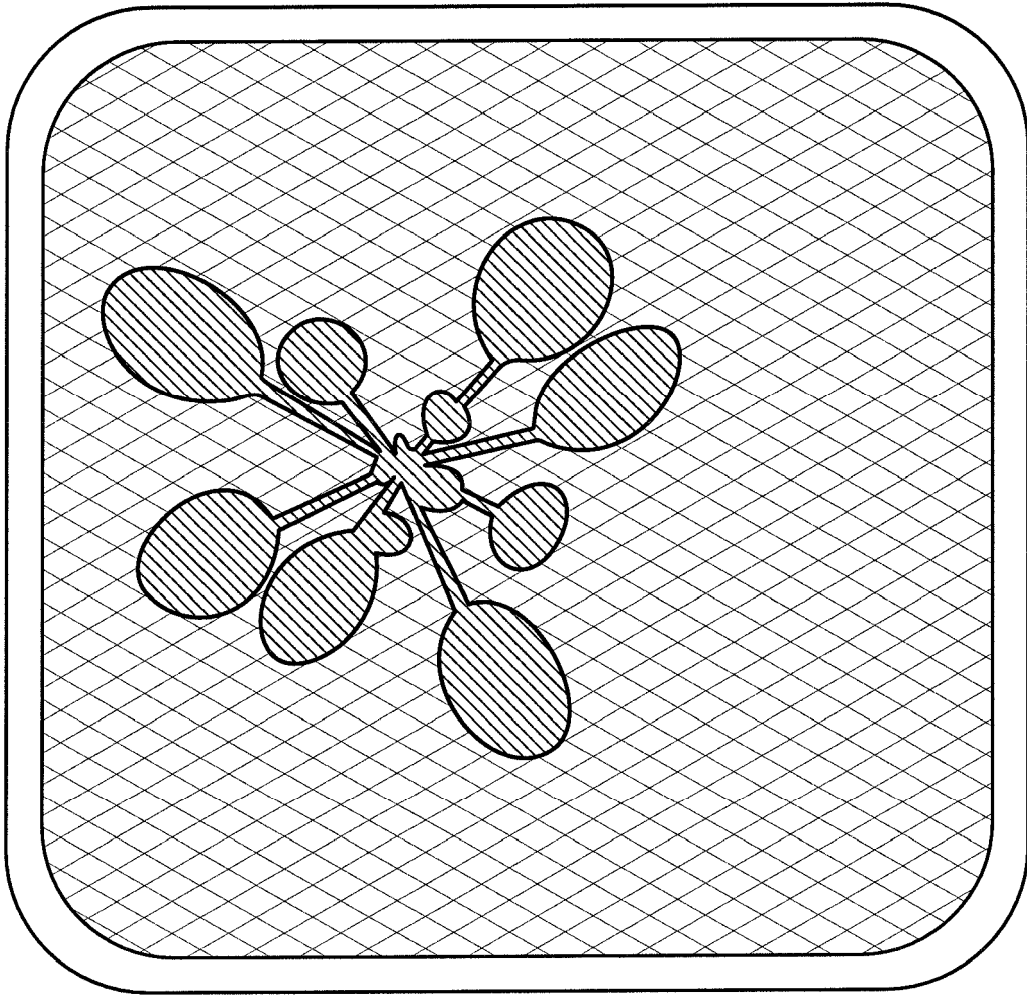


FIGURA 5B

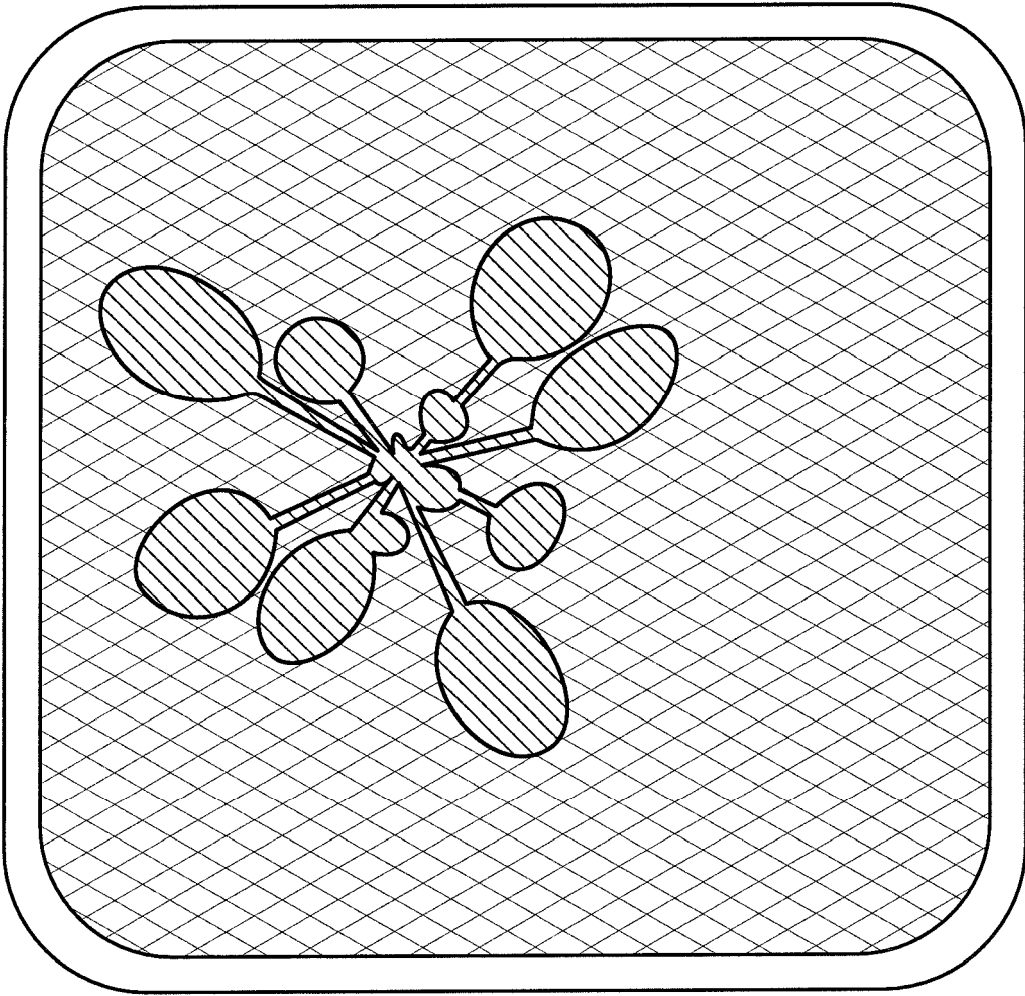


FIGURA 5C

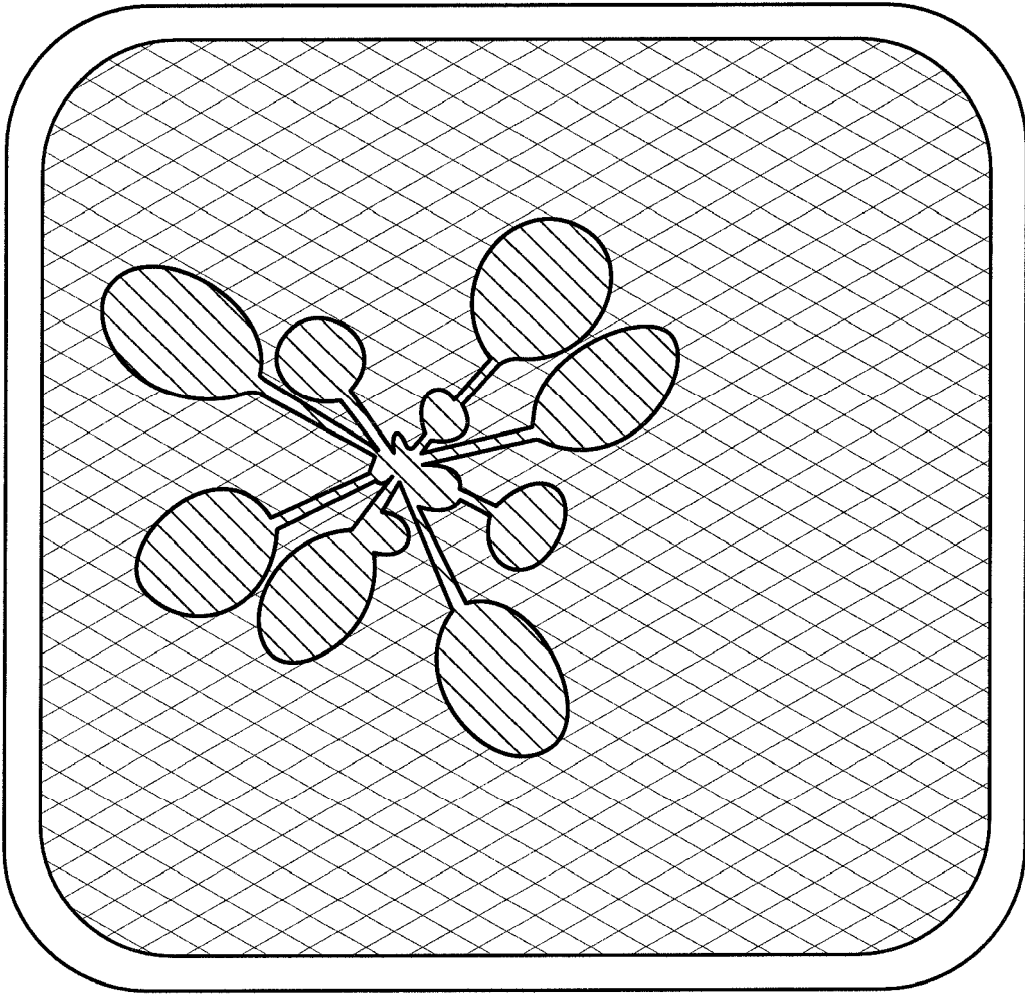


FIGURA 5D

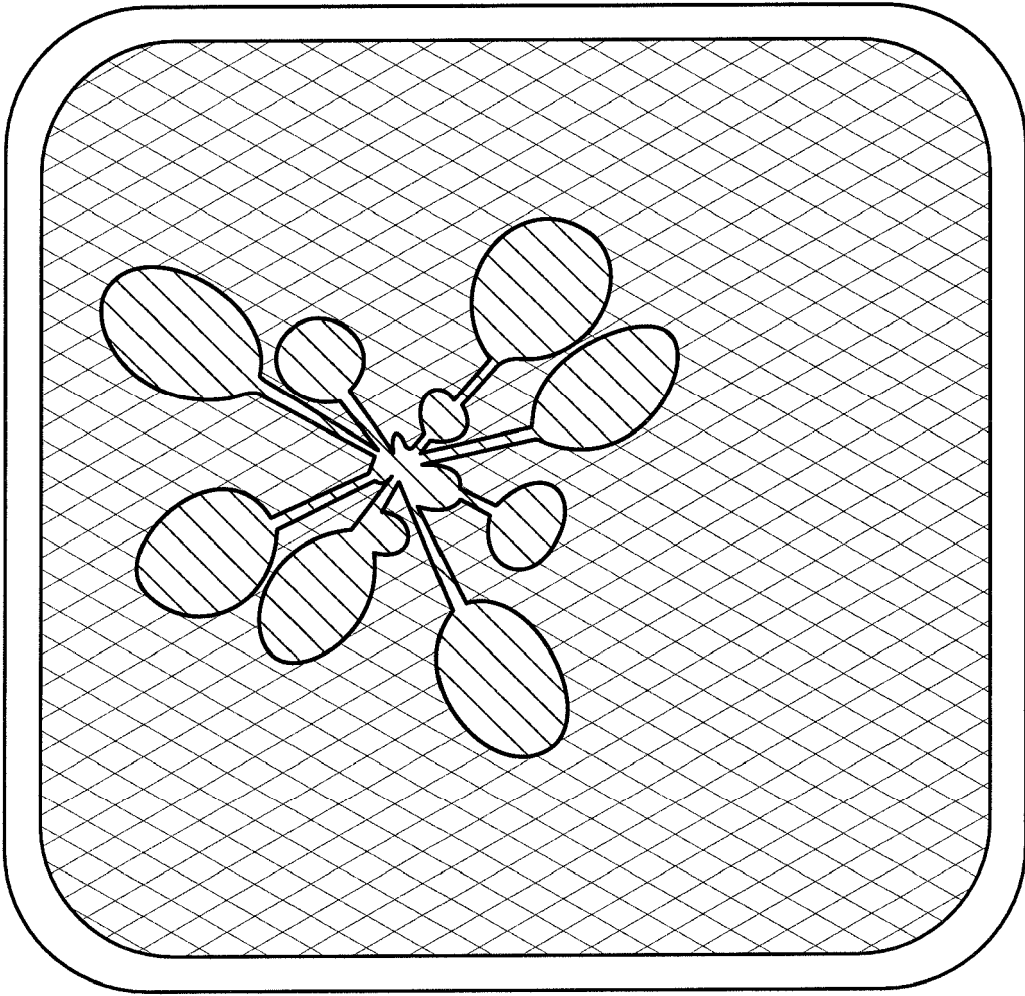


FIGURA 5E

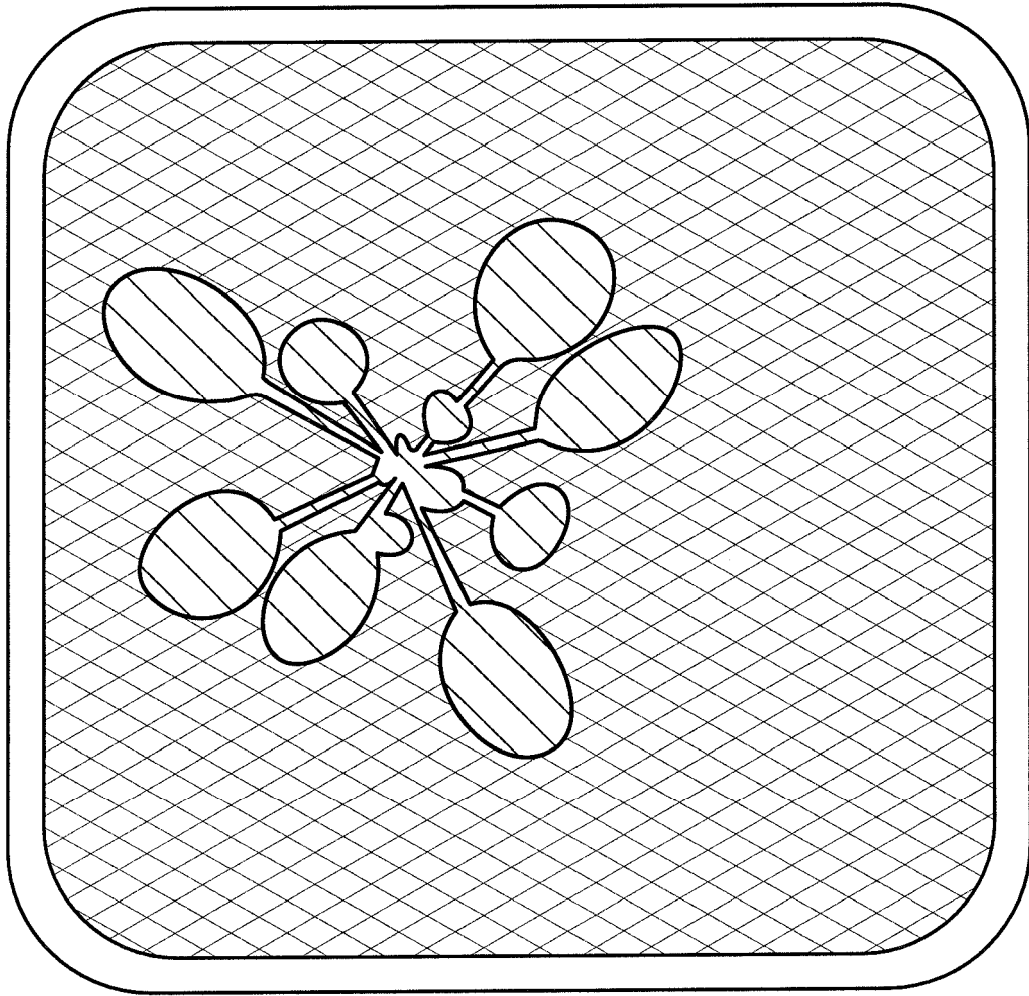


FIGURA 5F

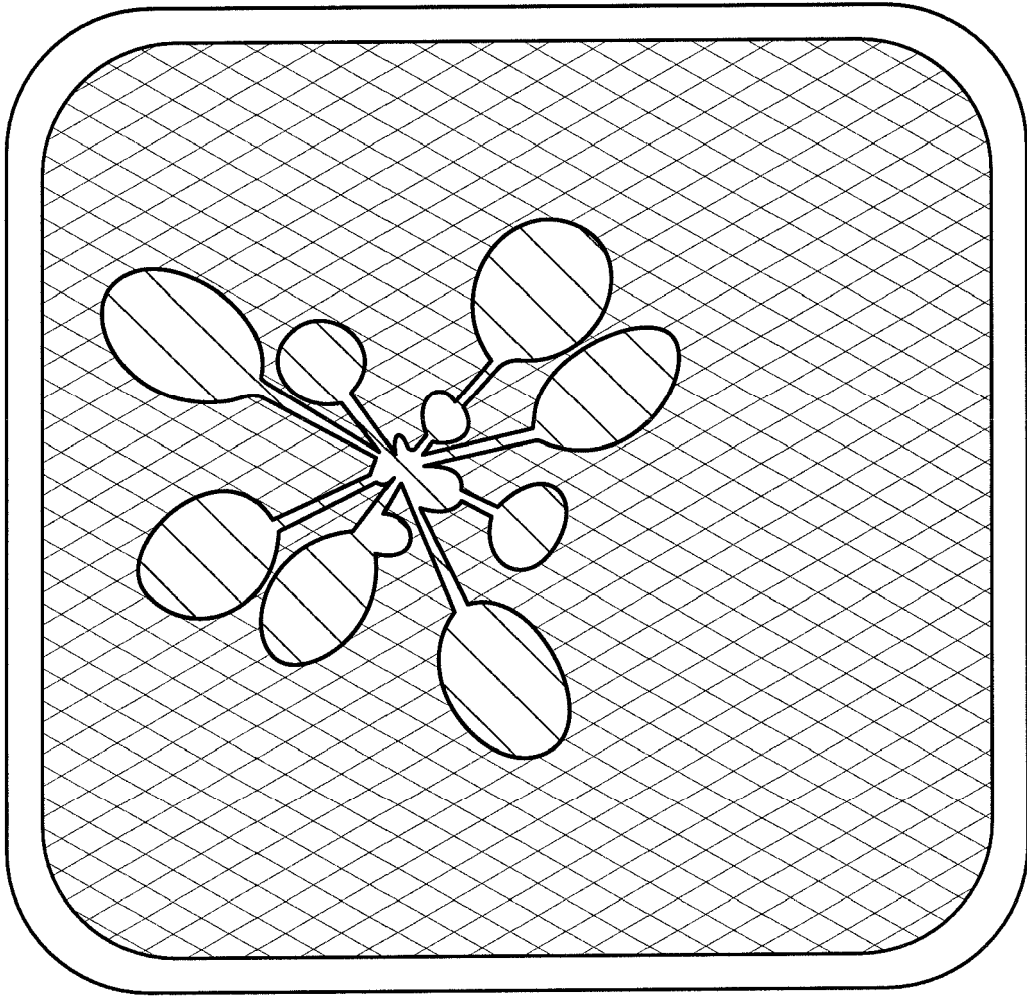


FIGURA 5G

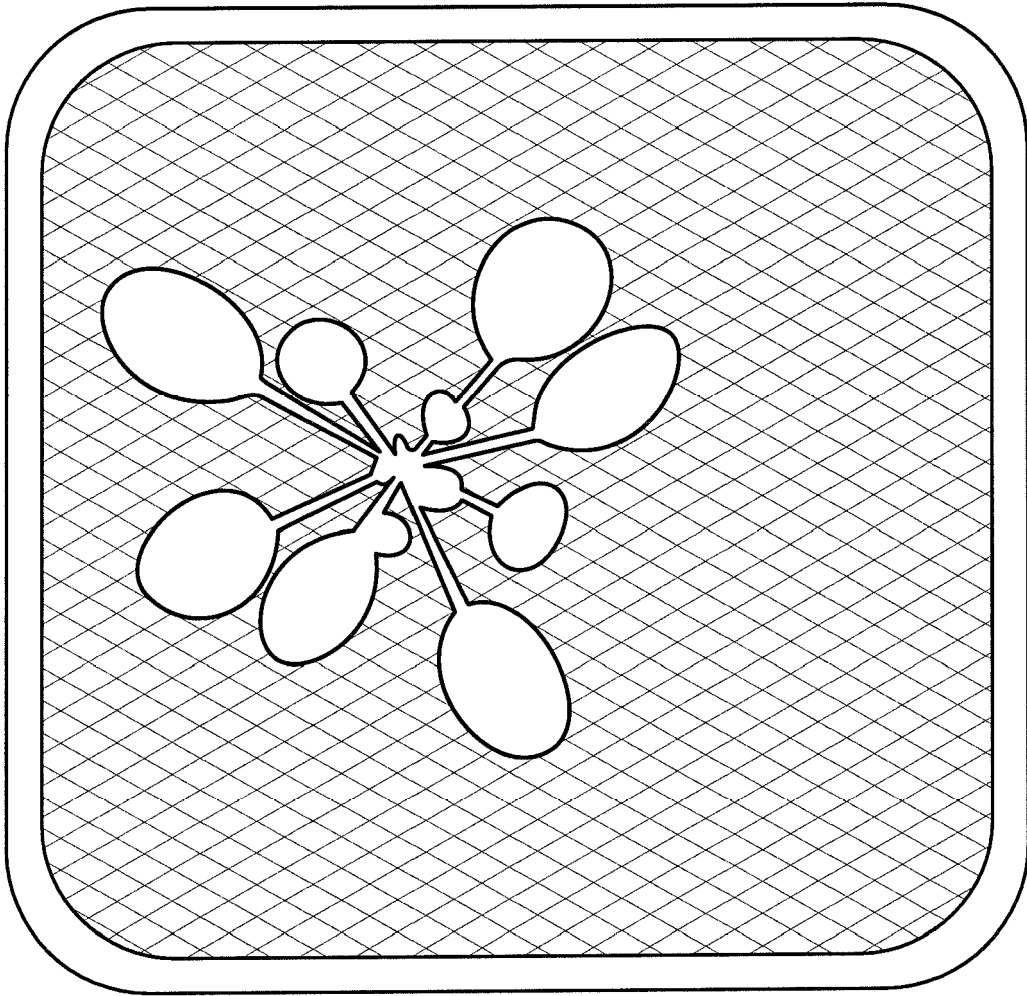


FIGURA 5H

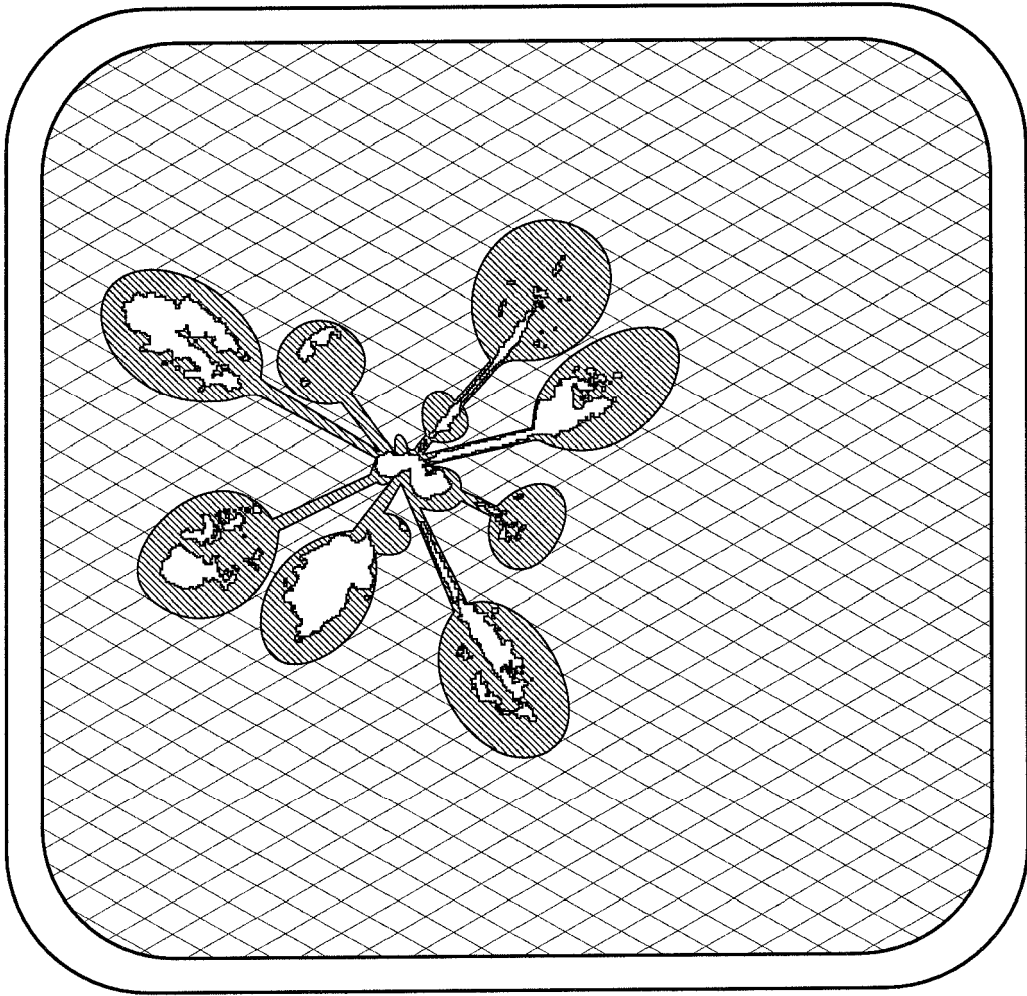


FIGURA 5I