

1
MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE SEMILLAS DE MATTHIOLA

SOLICITUD/ES RELACIONADA/S

Esta solicitud reclama el beneficio de prioridad de la Solicitud de Patente de EE. UU. No. 63/211,029 presentada el 16 de junio de 2021, y de la Solicitud de Patente de los Países Bajos No. 2028466 presentada el 16 de junio de 2021, cuyos contenidos están incorporados aquí por referencia en su totalidad.

CAMPO Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente invención, en algunas de sus realizaciones, se refiere a un método para distinguir entre un fenotipo de flor única y un fenotipo de flor doble de las *semillas de Matthiola* y, más particularmente, aunque no exclusivamente, a las semillas de *Matthiola incana*.

Matthiola incana pertenece a la familia Brassicaceae y es una especie de planta con flores del género *Matthiola*. Entre los nombres comunes se encuentran la hierba de San José, la hierba del bálsamo y la hierba bendita.

La flor de *Matthiola incana* se utiliza ampliamente como planta ornamental durante la temporada de verano y como flor cortada o planta aromática durante todo el año. Las flores pueden ser simples o llenas, de tamaño mediano o grande. Existen muchas variedades de *Matthiola incana* con diferentes colores de flores, incluyendo blanco, amarillo, rosa, rojo, marino, azul, púrpura.

Las semillas de *Matthiola incana* segregan entre dos fenotipos de flores, flor doble y flor simple. Las variedades de flores dobles son una planta ornamental importante y tienen ventajas comerciales sobre las variedades de flores simples, pero son estériles. Al carecer de órganos reproductivos, estas flores dobles no producen semillas, ya que los órganos reproductivos han sido reemplazados por pétalos.

Por lo tanto, deben producirse a partir de la semilla de plantas con flores simples. La forma de flor doble es causada por una variante (alelo) de gen recesivo en condición homocigota. Por lo tanto, según las leyes mendelianas de la genética, las existencias heterocigotas de flores simples deberían producir un cuarto de flores dobles en su descendencia y un tercio de las flores simples deberían ser flores simples de cría pura incapaces de producir flores dobles.

La selección a lo largo de los siglos ha mejorado significativamente estas proporciones, dando lugar a las llamadas existencias "siempre deportivas", en las cuales las flores de cría pura están ausentes y la proporción de flores dobles es de la mitad o más. En estas variedades, el alelo de singularidad está estrechamente vinculado a un gen letal para el polen. Así, la contribución de polen (masculina) a la semilla es siempre un alelo de doblez, mientras que la contribución femenina

es un alelo de doblez o de singularidad. El resultado de esta vinculación es que las flores dobles y simples se producen en proporciones de 50:50 y no hay flores simples de cría pura, siempre y cuando se asuma que no ocurre el cruce / recombinación cromosómica. Sin embargo, se sabe generalmente que el cruce / recombinación ocurre con una frecuencia del 1% o menos.

5 Además, muchas cepas modernas producen flores dobles en proporciones aún más altas: 60% o incluso 92%. Este fenómeno se debe a generaciones de selección para efectos de viabilidad más vinculados, lo que produce una mayor mortalidad de individuos heterocigotos en comparación con los homocigotos dobles.

10 El rasgo de doble floración de *Matthiola incana* corresponde al locus *s*. Se ha identificado el gen responsable de las flores dobles y se han desarrollado marcadores de ADN. Sin embargo, el uso de estos marcadores de ADN para la selección de individuos con flores simples o dobles entre las semillas o plántulas es extremadamente laborioso y costoso, y no ofrece la oportunidad de seleccionar cantidades mayores de semillas o plántulas para plantas de floración simple o doble.

15 Dentro de *Matthiola incana* (que presenta plantas de doble floración), se pueden distinguir diferentes grupos de variedades entre sí en función de su fondo genético y rasgos morfológicos. Muchas de estas variedades tienen un rasgo morfológico particular que se puede utilizar para seleccionar plantas de doble floración. Para obtener plantas de doble floración, los criadores y multiplicadores han confiado en la correlación entre las flores dobles y rasgos morfológicos, como la forma de los cotiledones, el color de los cotiledones, la hoja dentada, la velocidad de
20 germinación, el color de las semillas y el color de las hojas. Sin embargo, esta forma de selección puede ser extremadamente laboriosa y en algunos casos requiere mano de obra altamente calificada.

El arte previo incluye WO2019/106641, WO2019/106638 y WO2019/106639.

SUMARIO DE LA INVENCION

25 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para la clasificación de semillas de *Matthiola*, que comprende:

al menos un procesador de hardware que ejecuta un código para:

30 alimentar al menos a una red neural, al menos una imagen que representa una pluralidad de semillas de *Matthiola* que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar, la al menos una imagen capturada por al menos un sensor de imagen,

donde al menos una característica visual extraída de una imagen de una de las semillas de *Matthiola* de la pluralidad es estadísticamente similar a la correspondiente al menos una

característica visual extraída de otra imagen de otra semilla de Matthiola de la pluralidad de semillas,

calcular por al menos una red neural una indicación de una categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas, para cada una de las semillas de Matthiola seleccionadas del grupo que consiste en: floración simple y doble,

donde la indicación de al menos una categoría de clasificación se calcula al menos según los pesos de la al menos una red neural,

donde la al menos una red neural clasifica la pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar en una categoría de clasificación seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble, para la cual las características visuales no están explícitamente definidas,

donde la al menos una red neural está entrenada utilizando un conjunto de datos de entrenamiento que comprende una pluralidad de imágenes de entrenamiento de una pluralidad de semillas que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar capturadas por al menos un sensor de imagen, y cada semilla de Matthiola de cada imagen de entrenamiento etiquetada con una respectiva categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas, seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble; y

generando de acuerdo con la indicación de al menos una categoría de clasificación seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble, instrucciones para la ejecución por un controlador de clasificación de un dispositivo de clasificación automatizado para la clasificación automatizada de semillas de Matthiola. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para la clasificación de semillas de Matthiola, que comprende:

al menos un procesador de hardware que ejecuta un código para: alimentar al menos a una red neural, al menos una imagen que representa una pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar, la al menos una imagen capturada por al menos un sensor de imagen,

donde al menos una característica visual extraída de una imagen de una de las semillas de Matthiola de la pluralidad es estadísticamente similar a la correspondiente al menos una característica visual extraída de otra imagen de otra semilla de Matthiola de la pluralidad de semillas; y

calcular por al menos una red neural una indicación de una categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas, para cada una de las semillas de Matthiola seleccionadas del grupo que consiste en: floración simple y doble,

donde la indicación de al menos una categoría de clasificación se calcula al menos según los pesos de la al menos una red neural,

donde la al menos una red neural clasifica la pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar en una categoría de clasificación seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble, para la cual las características visuales no están explícitamente definidas,

donde la al menos una red neural está entrenada utilizando un conjunto de datos de entrenamiento que comprende una pluralidad de imágenes de entrenamiento de una pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar capturadas por al menos un sensor de imagen, y cada semilla de Matthiola de cada imagen de entrenamiento etiquetada con una respectiva categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas, seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo para entrenar al menos una red neural para la clasificación de semillas de Matthiola con fines de clasificación, que comprende:

al menos un procesador de hardware que ejecuta un código para:

acceder a una pluralidad de imágenes de entrenamiento de una pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar capturadas por al menos un sensor de imagen,

donde al menos una característica visual extraída de una imagen de una de las semillas de Matthiola de la pluralidad es estadísticamente similar a la correspondiente al menos una característica visual extraída de otra imagen de otra semilla de Matthiola de la pluralidad de semillas;

creando un conjunto de datos de entrenamiento etiquetando cada semilla de Matthiola de cada imagen de entrenamiento con una respectiva categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas, seleccionada de un grupo que consiste en floración simple y doble,

donde cada etiqueta se determina haciendo crecer la respectiva semilla de Matthiola después de que la imagen de entrenamiento respectiva de la semilla de Matthiola es capturada por al menos un sensor de imagen hasta que la flor simple o doble esté visualmente presente; y

entrenando al menos una red neural utilizando el conjunto de datos de entrenamiento, la al menos una red neural entrenada para generar un resultado de una indicación de al menos una categoría de clasificación para la cual las características visuales no están explícitamente definidas,

seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble, en respuesta a una entrada de al menos una imagen objetivo que representa al menos una semilla capturada por al menos un sensor de imagen,

5 donde la indicación de al menos una categoría de clasificación de la al menos una imagen objetivo se calcula al menos según los pesos de la al menos una red neural entrenada,

donde la al menos una red neural clasifica la pluralidad de semillas de *Matthiola* que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar en una categoría de clasificación seleccionada del grupo que consiste en: floración simple y doble, para la cual las características visuales no están explícitamente definidas.

10 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un contenedor que comprende una pluralidad de semillas de *Matthiola*, donde al menos el 90 % de las semillas son de doble floración y la pluralidad de semillas de *Matthiola* comprende más de 100 semillas.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un contenedor que comprende una pluralidad de semillas de *Matthiola*, donde al menos el 90 % de las semillas son de floración simple y la pluralidad de semillas de *Matthiola* comprende más de 100 semillas.

15 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para cultivar un cultivo que comprende sembrar las semillas del contenedor descrito aquí, haciendo crecer así el cultivo.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de clasificación de semillas de *Matthiola*, que comprende: hacer crecer semillas de *Matthiola* no clasificadas, capturar al menos una imagen de las semillas de *Matthiola* y clasificar las respectivas semillas de *Matthiola* en una categoría de clasificación específica seleccionada de una pluralidad de categorías de clasificación de acuerdo con un resultado de un modelo de red neural entrenado alimentado con al menos una imagen.

20 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de clasificación de semillas de *Matthiola*, que comprende:

capturar al menos una imagen de las semillas de *Matthiola*; y

clasificar las respectivas semillas de *Matthiola* en una categoría de clasificación específica seleccionada de una pluralidad de categorías de clasificación de acuerdo con un resultado de un modelo de red neural entrenado alimentado con al menos una imagen.

30 Según las realizaciones de la presente invención, las características visuales extraídas de la pluralidad de semillas de *Matthiola* representadas en al menos una imagen incluyen solo características estadísticamente similares extraíbles y excluyen características visuales extraíbles no estadísticamente similares.

Según las realizaciones de la presente invención, las características visuales no estadísticamente similares extraídas de la pluralidad de semillas de *Matthiola* representadas en al menos una imagen no están correlacionadas con el resultado de la categoría de clasificación de al menos una red neural seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble.

5 Según las realizaciones de la presente invención, las características visuales no estadísticamente similares extraídas de la pluralidad de semillas de *Matthiola* representadas en al menos una imagen incluyen un marcador visual segmentado, y el marcador visual segmentado no está correlacionado con la categoría de clasificación seleccionada del grupo que consiste en floración simple y doble.

10 Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una característica visual extraíble estadísticamente similar se selecciona del grupo que consiste en: una característica hecha a mano, al menos una dimensión de tamaño de la al menos una semilla, color de la al menos una semilla, forma de la al menos una semilla, textura de la al menos una semilla, medida estimada de la al menos una semilla y marcador visual segmentado.

15 Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una categoría de clasificación comprende una categoría no visual que no puede determinarse manualmente mediante inspección visual de la al menos una semilla.

Según las realizaciones de la presente invención, las semillas de *Matthiola* son de la especie *Matthiola incana*.

20 Según las realizaciones de la presente invención, las semillas de *Matthiola incana* son de la serie Iron.

Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una categoría de clasificación se determina mediante una prueba destructiva que destruye la respectiva semilla de *Matthiola* después de que la imagen de entrenamiento respectiva de la semilla de *Matthiola* es capturada por al menos un sensor de imagen.

25 Según las realizaciones de la presente invención, la etiqueta de al menos una categoría de clasificación se determina haciendo crecer la respectiva semilla de *Matthiola* después de que la imagen de entrenamiento respectiva de la semilla de *Matthiola* es capturada por al menos un sensor de imagen hasta que la flor simple o doble está visualmente presente.

30 Según las realizaciones de la presente invención, el sensor de imagen se selecciona del grupo que consiste en: RGB, multiespectral, hiperespectral, rango de frecuencia de luz visible, rango de frecuencia de infrarrojo cercano (NIR), rango de frecuencia de infrarrojo (IR) y combinaciones de lo anterior.

Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una imagen que incluye al menos una semilla de Matthiola comprende una imagen única de una sola Matthiola segmentada de una imagen que incluye una pluralidad de semillas de Matthiola.

Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una red neural calcula un
5 incrustado para la al menos una imagen, y la al menos una categoría de clasificación se determina según una anotación de al menos una imagen incrustada similar identificada del conjunto de datos de entrenamiento que almacena incrustados de imágenes de entrenamiento. La al menos una imagen incrustada similar se identifica según un requisito de una distancia de similitud entre el incrustado de la al menos una imagen y el incrustado de las imágenes de entrenamiento. Además,
10 la al menos una imagen incrustada similar se identifica mediante al menos uno de los siguientes: (i) donde el incrustado se calcula mediante una capa interna de la al menos una red neural entrenada seleccionada como capa de incrustado, (ii) donde el incrustado se almacena como un vector de longitud predefinida, y la distancia de similitud se calcula como la distancia entre un vector que almacena el incrustado de la al menos una imagen y una pluralidad de vectores cada uno
15 almacenando el incrustado de imágenes de entrenamiento respectivas, y (iii) donde la distancia de similitud se calcula entre el incrustado de la al menos una imagen y un conjunto de incrustados de una pluralidad de imágenes de entrenamiento cada uno asociado con una misma al menos una categoría de clasificación.

Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una imagen comprende una
20 pluralidad de imágenes que incluyen una pluralidad de semillas de Matthiola, y además incluye un código para agrupar la pluralidad de imágenes según las respectivas categorías de clasificación. Las instrucciones para la ejecución por el controlador de clasificación comprenden instrucciones para clasificar las semillas de Matthiola correspondientes a la pluralidad de imágenes según las respectivas categorías de clasificación, y la agrupación se realiza según una proporción objetivo
25 de categorías de clasificación y/o una distribución estadística objetivo. Los miembros de los grupos se organizan de acuerdo con la proporción objetivo, la cual se calcula según un análisis de ADN de una muestra de las semillas de Matthiola, o según un resultado de crecimiento de plantar y hacer crecer la muestra de las semillas de Matthiola.

Según las realizaciones de la presente invención, los grupos de diferentes categorías de
30 clasificación se crean para al menos uno de los siguientes: (i) las semillas de Matthiola se cultivan en las mismas condiciones ambientales, (ii) las semillas de Matthiola se cultivan en la misma temporada de crecimiento, (iii) las semillas de Matthiola se cultivan en la misma ubicación geográfica, y (iv) las semillas de Matthiola tienen parámetros físicos idénticos dentro de un rango de tolerancia.

Según las realizaciones de la presente invención, un clasificador estadístico no basado en redes neuronales, entrenado para la extracción de al menos una clase de características visuales, clasifica la pluralidad de semillas de Matthiola que tienen características visuales al menos una estadísticamente similar en una misma categoría de clasificación para la cual las características visuales están explícitamente definidas.

Según las realizaciones de la presente invención, la al menos una imagen comprende una pluralidad de imágenes que incluyen una pluralidad de semillas de Matthiola de diferentes categorías de clasificación, donde la al menos una red neural calcula un incrustado para cada una de las pluralidades de imágenes. Los incrustados de las pluralidades de imágenes se agrupan mediante un código de agrupación, y las instrucciones para la ejecución por el controlador de clasificación comprenden instrucciones para clasificar las semillas de Matthiola según los grupos correspondientes.

Según las realizaciones de la presente invención, los grupos se calculan según al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en:

(i) de manera que cada miembro de imagen incrustado de cada grupo respectivo esté al menos a una distancia umbral de otro grupo, y

(ii) donde los grupos se calculan de manera que cada miembro de imagen incrustado de cada grupo respectivo esté a menos de una distancia umbral de cada otro miembro del mismo grupo respectivo.

Según las realizaciones de la presente invención, la distancia intra-grupo calculada entre incrustados del mismo grupo es menor que la distancia inter-grupo calculada entre incrustados de grupos diferentes.

Según las realizaciones de la presente invención, las semillas de Matthiola correspondientes a incrustados ubicados por encima de un umbral de distancia desde al menos uno de los siguientes: otro incrustado, un grupo y dentro de un centro del grupo, se indican como de cierto color y se agrupan en un grupo de cierto color. Las semillas de Matthiola indicadas como de cierto color se asignan a una nueva categoría de clasificación o a una nueva subcategoría de la categoría existente según las categorías de clasificación asignadas a al menos dos incrustados de imagen y/o al menos dos grupos en proximidad al incrustado de la semilla de Matthiola indicada como de cierto color. La nueva categoría de clasificación o la nueva subcategoría de la categoría existente se calcula según las distancias relativas a los al menos dos incrustados de imagen y/o a los al menos dos grupos en proximidad al incrustado de la semilla de Matthiola indicada como de cierto color.

Según las realizaciones de la presente invención, se calcula al menos un valor estadístico para cada grupo, y una cierta semilla de *Matthiola* se indica como defectuosa cuando el incrustado de la imagen de la semilla en cuestión es estadísticamente diferente de todos los demás grupos.

5 Según las realizaciones de la presente invención, se calcula al menos un valor estadístico para cada grupo, y una cierta semilla se asigna a una cierta categoría de clasificación de un cierto grupo cuando el incrustado de la imagen de la semilla en cuestión es estadísticamente similar a al menos un valor estadístico del grupo en cuestión.

Según las realizaciones de la presente invención, el sistema además comprende código para:

10 proporcionar una imagen de una semilla de *Matthiola* objetivo, calcular el incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo mediante al menos una red neural, y

seleccionar un subconjunto de la pluralidad de incrustados de imagen de acuerdo con el incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo, estando situados a menos de un umbral de distancia objetivo del incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo. Las instrucciones para la ejecución por el controlador de clasificación comprenden instrucciones para seleccionar las semillas de *Matthiola* correspondientes al subconjunto de la pluralidad de incrustados de imagen.

Según las realizaciones de la presente invención, el sistema además comprende código para:

20 proporcionar una imagen de una semilla de *Matthiola* objetivo, calcular el incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo mediante al menos una red neural, y

agrupar la pluralidad de incrustados de imagen y el incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo, y seleccionar un grupo que incluya el incrustado de la semilla de *Matthiola* objetivo. Las instrucciones para la ejecución por el controlador de clasificación comprenden instrucciones para seleccionar las semillas de *Matthiola* correspondientes al grupo seleccionado.

25 Según las realizaciones de la presente invención, la clasificación automatizada de semillas de *Matthiola* incluye descartar las semillas de *Matthiola* de floración simple.

Según las realizaciones de la presente invención, la pluralidad de semillas tiene un peso superior a 10 gramos.

30 Según las realizaciones de la presente invención, las semillas de *Matthiola* son de la especie *Matthiola incana*.

Según las realizaciones de la presente invención, las semillas de *Matthiola incana* son de la serie Iron.

Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un método de generar plántulas de *Matthiola* haciendo crecer las semillas de *Matthiola* clasificadas en la categoría de clasificación específica.

5 Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un método de generación de plantas plantando y haciendo crecer las semillas de *Matthiola* clasificadas en la categoría de clasificación específica.

Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un método de cultivar un corte de plantas de *Matthiola* haciendo crecer las semillas de *Matthiola* clasificadas en la categoría de clasificación específica y cortando las plantas cuando han crecido.

10 Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un método de fabricar plántulas de *Matthiola* haciendo crecer las semillas de *Matthiola* clasificadas en la categoría de clasificación específica.

15 Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un recipiente que comprende una pluralidad de plántulas de *Matthiola*, donde al menos un porcentaje objetivo de las plántulas pertenece a una categoría de clasificación específica.

Según las realizaciones de la presente invención, se proporciona un método de producir un recipiente con una pluralidad de plántulas de *Matthiola*, que comprende hacer crecer las semillas de *Matthiola* clasificadas en la categoría de clasificación específica hasta obtener *Matthiola* y plántulas, y colocar las plántulas de *Matthiola* en el recipiente.

20 A menos que se defina de otra manera, todos los términos técnicos y/o científicos utilizados aquí tienen el mismo significado que comúnmente se comprende por una persona con habilidades ordinarias en el campo técnico al que pertenece la invención. Aunque los métodos y/o materiales similares o equivalentes a los descritos aquí pueden ser utilizados en la práctica o prueba de las realizaciones de la invención, se describen a continuación métodos y/o materiales ejemplares. En
25 caso de conflicto, la especificación de la patente, incluyendo las definiciones, tendrá prioridad. Además, los materiales, métodos y ejemplos son solo ilustrativos y no tienen la intención de ser necesariamente limitantes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

30 Algunas realizaciones de la invención se describen aquí, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos. Con referencia específica a los dibujos en detalle, se enfatiza que los detalles mostrados son ejemplos y con fines ilustrativos en la discusión de las realizaciones de la invención. En este sentido, la descripción junto con los dibujos hace evidente a aquellos expertos en la materia cómo se pueden practicar las realizaciones de la invención.

En los dibujos:

FIG. 1 es un diagrama de flujo de un proceso para clasificar semillas según imágenes de las semillas, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

FIG. 2 es un diagrama de bloques de los componentes de un sistema para clasificar y/o agrupar semillas según imágenes de las semillas, y/o para entrenar redes neuronales para clasificar y/o agrupar las imágenes de las semillas, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

FIG. 3 es un diagrama de flujo de un proceso para entrenar una o más redes neuronales para calcular categorías de clasificación y/o incrustados según imágenes de semillas, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

FIG. 4A-4E son diagramas de flujo de datos de flujos de datos ejemplares basados en los métodos descritos con referencia a FIGs. 1 y/o 3, ejecutables por componentes del sistema descrito con referencia a FIG. 2, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

FIG. 5 es un diagrama de flujo que representa un proceso de alto nivel para generar una red neuronal que clasifica una imagen que representa una semilla de *Matthiola* en floración simple o doble, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención; y

FIG. 6 incluye imágenes de semillas de *Matthiola* y las plantas correspondientes de los tipos de floración simple y doble, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES ESPECÍFICAS DE LA INVENCION

La presente invención, en algunas de sus realizaciones, se refiere a un método para distinguir entre un fenotipo de flor única y un fenotipo de doble floración de *semillas de Matthiola* y, más particularmente, pero no exclusivamente, de semillas de *Matthiola incana*.

Antes de explicar al menos una realización de la invención en detalle, se debe entender que la invención no está necesariamente limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes y/o métodos establecidos en la siguiente descripción y/o ilustrados en los dibujos y/o ejemplos. La invención es capaz de tener otras realizaciones o de ser practicada o llevada a cabo de diversas maneras.

La presente invención puede ser un sistema, un método y/o un producto de programa informático. El producto de programa informático puede incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador (o medios) que tenga instrucciones de programa legibles por ordenador para hacer que un procesador lleve a cabo aspectos de la presente invención.

El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un dispositivo tangible que puede retener y almacenar instrucciones para su uso por un dispositivo de ejecución de instrucciones. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero no

se limita a, un dispositivo de almacenamiento electrónico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento electromagnético, un dispositivo de almacenamiento semiconductor o cualquier combinación adecuada de lo anterior. Una lista no exhaustiva de ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por ordenador incluye: un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria programable y borrrable de solo lectura (EPROM o memoria Flash), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), un disco compacto de memoria de solo lectura portátil (CD-ROM), un disco versátil digital (DVD), una memoria USB, un disquete y cualquier combinación adecuada de lo anterior. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, según se utiliza aquí, no debe interpretarse como señales transitorias per se, como ondas de radio u otras ondas electromagnéticas que se propagan libremente, ondas electromagnéticas que se propagan a través de una guía de ondas u otros medios de transmisión (por ejemplo, pulsos de luz que pasan a través de un cable de fibra óptica) o señales eléctricas transmitidas a través de un cable.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador descritas aquí pueden descargarse a dispositivos informáticos/procesadores respectivos desde un medio de almacenamiento legible por ordenador o a una computadora externa o dispositivo de almacenamiento externo a través de una red, por ejemplo, Internet, una red de área local, una red de área amplia y/o una red inalámbrica. La red puede incluir cables de transmisión de cobre, fibras ópticas de transmisión, transmisión inalámbrica, enrutadores, firewalls, conmutadores, computadoras de puerta de enlace y/o servidores de borde. Una tarjeta adaptadora de red o una interfaz de red en cada dispositivo informático/procesador recibe instrucciones de programa legibles por ordenador de la red y envía las instrucciones de programa legibles por ordenador para almacenarlas en un medio de almacenamiento legible por ordenador dentro del dispositivo informático/procesador respectivo.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador para llevar a cabo las operaciones de la presente invención pueden ser instrucciones de ensamblador, instrucciones de arquitectura de conjunto de instrucciones (ISA), instrucciones de máquina, instrucciones dependientes de la máquina, microcódigo, instrucciones de firmware, datos de configuración de estado, o bien código fuente o código objeto escrito en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluido un lenguaje de programación orientado a objetos como Smalltalk, C++ o similar, y lenguajes de programación procedimentales convencionales, como el lenguaje de programación "C" u otros lenguajes de programación similares. Las instrucciones de programa legibles por ordenador pueden ejecutarse completamente en la computadora del usuario, parcialmente en la computadora del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en la

computadora del usuario y parcialmente en una computadora remota o completamente en la computadora o servidor remoto. En el último escenario, la computadora remota puede estar conectada a la computadora del usuario a través de cualquier tipo de red, incluida una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede hacerse a una computadora externa (por ejemplo, a través de Internet utilizando un Proveedor de Servicios de Internet). En algunas realizaciones, circuitos electrónicos que incluyen, por ejemplo, circuitos lógicos programables, matrices de puertas programables (FPGA) o matrices lógicas programables (PLA) pueden ejecutar las instrucciones de programa legibles por ordenador utilizando información de estado de las instrucciones de programa legibles por ordenador para personalizar los circuitos electrónicos, con el fin de realizar aspectos de la presente invención.

Los aspectos de la presente invención se describen aquí con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques de métodos, dispositivos (sistemas) y productos de programa informático según las realizaciones de la invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, pueden implementarse mediante instrucciones de programa legibles por ordenador.

Estas instrucciones de programa legibles por ordenador pueden proporcionarse a un procesador de una computadora de propósito general, una computadora de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de modo que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador de la computadora u otro aparato de procesamiento de datos programable, crean medios para implementar las funciones/acciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o de bloques de diagrama. Estas instrucciones de programa legibles por ordenador también pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede dirigir a una computadora, un aparato de procesamiento de datos programable y/o otros dispositivos para funcionar de una manera particular, de modo que el medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en él comprende un artículo de fabricación que incluye instrucciones que implementan aspectos de la función/acción especificada en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o de bloques de diagrama.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador también pueden cargarse en una computadora, otro aparato de procesamiento de datos programable u otro dispositivo para causar que se realice una serie de pasos operativos en la computadora, otro aparato programable u otro dispositivo para producir un proceso implementado por computadora, de modo que las instrucciones que se ejecutan en la computadora, otro aparato programable u otro dispositivo

implementan las funciones/acciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o de bloques de diagrama.

Los diagramas de flujo y los diagramas de bloques en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad y operación de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos de programa informático según varias realizaciones de la presente invención. En este sentido, cada bloque en el diagrama de flujo o los diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento o porción de instrucciones, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la(s) función(es) lógica(s) especificada(s). En algunas implementaciones alternativas, las funciones indicadas en el bloque pueden ocurrir fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de manera concurrente, o los bloques pueden ejecutarse a veces en el orden inverso, según la funcionalidad involucrada. También se observará que cada bloque de los diagramas de bloques y/o la ilustración del diagrama de flujo, y las combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o la ilustración del diagrama de flujo, pueden implementarse mediante sistemas basados en hardware especializado que realizan las funciones o actos especificados o llevan a cabo combinaciones de hardware especializado e instrucciones de computadora.

Las técnicas tradicionales de cría y selección de plantas han identificado variedades de *Matthiola incana* en las que un fenotipo de flor doble y un fenotipo de flor simple son evidentes en una proporción de 50:50. Además, muchas cepas modernas producen flores dobles en proporciones aún mayores - hasta aproximadamente un 92%.

Mientras reducían la presente invención a la práctica, los inventores actuales han descubierto que las semillas de *Matthiola incana* pueden clasificarse según el fenotipo de flor simple/doble utilizando un algoritmo de aprendizaje automático.

Como se ilustra a continuación y en la sección de ejemplos que sigue, los inventores actuales muestran que las semillas de *Matthiola incana* de diferentes variedades, que representan diferentes antecedentes genéticos y colores de flores diferentes, pueden clasificarse según su fenotipo de floración con un grado muy alto de precisión.

Un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención se refiere a sistemas, métodos, un aparato y/o instrucciones de código para la clasificación automatizada de semillas de *Matthiola* en una categoría de clasificación de flor simple o en una categoría de clasificación de flor doble, y opcionalmente la clasificación automatizada de las semillas de *Matthiola* según la clasificación. La clasificación de semillas puede referirse al agrupamiento de incrustaciones de imágenes de semillas de *Matthiola* (por ejemplo, extraídas de capas ocultas de una red neural) en grupos de floración simple y floración doble. Las imágenes, cada una incluyendo una o más semillas, se ingresan en

una o más redes neuronales. Opcionalmente, las imágenes se segmentan de modo que cada imagen incluya una sola semilla. La(s) red(es) neuronal(es) calcula(n) una indicación de la clasificación, es decir, floración simple o floración doble, para cada semilla de *Matthiola* representada en la(s) imagen(es), al menos según los pesos y/o la arquitectura de la red neural entrenada. En algunas implementaciones, las características tradicionales como las características visuales basadas en una o más propiedades físicas de las semillas no están explícitamente definidas para la extracción por la red neural descrita aquí. Dichas características tradicionales (por ejemplo, visuales) pueden ser identificadas automáticamente por la red neural durante el entrenamiento de manera implícita, por ejemplo, implícitas por los pesos y/o la arquitectura de la red neural. Sin embargo, la red neural no está explícitamente programada para extraer de manera explícita características visuales definidas. En cambio, estas características tradicionales están definidas y extraídas explícitamente de las imágenes mediante clasificadores estadísticos no neuronales, como clasificadores lineales, máquinas de vectores de soporte, k-vecinos más cercanos y árboles de decisión. Incluso cuando se utilizan redes neuronales en enfoques existentes, las imágenes de las semillas utilizadas para entrenar la red neural y las imágenes de las semillas introducidas en la red neural para inferencia tienen indicaciones visuales distintas, por ejemplo, una región distintiva de la semilla está coloreada debido a un marcador de ADN insertado en la semilla. Ejemplos de características visuales basadas en una o más propiedades físicas de la semilla extraídas de imágenes de la semilla por clasificadores estadísticos no neuronales incluyen características elaboradas a mano, dimensiones de tamaño de la semilla, color de la semilla, forma de la semilla, textura de la semilla, combinaciones de lo anterior y similares. Los clasificadores estadísticos no neuronales entrenados no pueden calcular la categoría de clasificación (es decir, floración única o doble floración) para la semilla con significancia estadística (es decir, el clasificador estadístico no neuronal calcula la categoría de clasificación con insignificancia estadística, por ejemplo, la probabilidad que indica la precisión del resultado de clasificación realizado por el clasificador estadístico no neuronal está por debajo de un umbral predefinido (por ejemplo, por debajo del 20%, 50%, 70%, 90% u otros valores), por ejemplo, prácticamente irrelevante para la clasificación física de las semillas debido a la inexactitud de la clasificación) según las características visuales explícitamente definidas extraídas solamente cuando las semillas son visualmente similares y/o tienen características físicas similares. Por ejemplo, cuando la imagen incluye dos o más semillas que son muy similares visual y/o físicamente entre sí, la red neuronal entrenada descrita aquí puede clasificar (con significancia estadística, por ejemplo, por encima de un umbral) las imágenes de las semillas en diferentes categorías de clasificación (es decir, floración única / doble floración) según los pesos de las neuronas de la red neuronal entrenada. En cambio, el clasificador estadístico no neuronal entrenado

no puede clasificar las imágenes de las semillas en estas dos categorías de clasificación diferentes con significancia estadística basada en las características visuales extraídas. Por ejemplo, el clasificador estadístico no neuronal puede clasificar las imágenes de las semillas en la misma categoría de clasificación según las características visuales extraídas. La(s) característica(s) visual(es) extraída(s) de una imagen de una semilla son estadísticamente similares (por ejemplo, dentro de un umbral de tolerancia) a la(s) característica(s) visual(es) correspondiente(s) extraída(s) de otra imagen de otra semilla cuando las semillas son visual y/o físicamente similares. Por ejemplo, las semillas son del mismo tamaño y/o del mismo color y/o tienen la misma textura. La clasificación realizada por la red neuronal entrenada descrita aquí es al menos según las categorías de floración única y doble floración que representan diferencias entre las semillas para las cuales las características visuales no están explícitamente definidas. Se señala que, en algunas implementaciones, la red neuronal puede extraer y utilizar características visuales tradicionales junto con características especializadas no tradicionales e incluso no explicadas. Tales características especializadas no tradicionales y no explicadas se aprenden automáticamente mediante la red neuronal pero no pueden ser aprendidas y/o extraídas por clasificadores estadísticos no neuronales. Se pueden crear instrucciones para la ejecución por un controlador de clasificación de un dispositivo de clasificación automatizado según la indicación computada de las categorías de clasificación. Por ejemplo, las semillas de Matthiola se clasifican según las categorías de clasificación de floración única y doble floración, de modo que las semillas de un mismo grupo clasificado tienen la misma categoría de clasificación.

La red neuronal descrita aquí calcula las categorías de clasificación de floración única y doble floración con una precisión y/o certeza estadística relativamente mayor en comparación con los clasificadores estadísticos no neuronales que extraen características visuales explícitamente definidas.

Las semillas se clasifican según grupos y/o incorporaciones basadas en la salida de la red neuronal descrita aquí, con una precisión y/o certeza estadística relativamente mayor en comparación con los clasificadores estadísticos no neuronales que extraen características visuales explícitamente definidas.

Los inventores descubrieron que las redes neuronales, entrenadas en imágenes de semillas que son visual y/o físicamente indistinguibles para los humanos y/o para clasificadores estadísticos no neuronales que extraen características visuales explícitamente definidas (por ejemplo, tamaño, forma, color, textura), pueden diferenciar entre las imágenes de las semillas (por ejemplo, calcular categorías de clasificación y/o crear grupos) según las categorías de clasificación predichas, es decir, floración única y doble floración. Los inventores descubrieron que durante el entrenamiento,

la red neuronal calcula automáticamente sus pesos, lo que permite a la red neuronal aprender y/o descubrir automáticamente características previamente desconocidas y/o características que no están necesariamente directamente correlacionadas con las propiedades visuales y/o físicas de las semillas. Estas características descubiertas automáticamente, que no están disponibles para los clasificadores estadísticos no neuronales, permiten a la red neuronal diferenciar entre imágenes de semillas que, de otra manera, serían visual y/o físicamente similares. El respaldo experimental del descubrimiento de los inventores se proporciona en la sección "Ejemplos" a continuación.

Opcionalmente, la imagen incluye múltiples semillas que son diferentes entre sí dentro de un rango de tolerancia por una única característica que no se expresa explícitamente visual y/o físicamente por la semilla, es decir, el fenotipo predicho de floración única o doble floración. La característica única no puede extraerse solo según la(s) característica(s) visual(es) extraída(s) por los clasificadores estadísticos no neuronales. Para semillas que son visual y/o físicamente similares, los clasificadores estadísticos no neuronales clasifican las imágenes de las múltiples semillas en una misma categoría de clasificación y/o no pueden clasificar las imágenes de las semillas (por ejemplo, error de salida o categoría estadísticamente insignificante, ya que la característica única no puede extraerse solo por la al menos una característica visual). Las imágenes de las semillas pueden agruparse según las categorías de clasificación y/o las incrustaciones generadas por la red neuronal. Las instrucciones para la clasificación se generan según los grupos, para clasificar las semillas según los grupos.

Opcionalmente, las características visuales que se extraen (o son extraíbles) de las imágenes que representan las semillas de Matthiola incluyen solo características extraíbles estadísticamente similares, por ejemplo, las semillas de Matthiola tienen formas, colores y tamaños estadísticamente similares. Opcionalmente, las características visuales que se extraen (o son extraíbles) de las imágenes que representan las semillas de Matthiola excluyen características visuales extraíbles no estadísticamente similares, por ejemplo, las semillas de Matthiola no difieren significativamente entre sí en términos de características como tamaño, forma y color.

Opcionalmente, las características visuales no estadísticamente similares (es decir, características visuales estadísticamente diferentes) extraídas de la pluralidad de imágenes que representan las semillas de Matthiola no están correlacionadas con las categorías de clasificación de floración única y floración doble. Las características visuales no estadísticamente similares pueden incluir un marcador visual segmentado que no está correlacionado con la floración única y la floración doble. Por ejemplo, las semillas de Matthiola pueden tener diferentes colores, formas y/o tamaños, donde el color, la forma y/o el tamaño no están correlacionados con si las semillas son de fenotipo de floración única o floración doble. En otro ejemplo, las semillas de Matthiola no

están genéticamente modificadas para mostrar un marcador visual segmentado vinculado al fenotipo de floración única o doble para permitir la distinción visual entre la floración única o doble. Por ejemplo, las semillas de *Matthiola* no están genéticamente modificadas para mostrar una región coloreada (que es visualmente segmentable desde la imagen) para la floración única y otra región coloreada de diferente color para la floración doble. Dado que no se utiliza un marcador visual vinculado al fenotipo de floración única o doble, no se puede extraer dicho marcador visual de las imágenes y utilizarlo para la clasificación.

Opcionalmente, las semillas no pueden diferenciarse entre sí mediante observación visual manual y/o en función de características visuales como el tamaño y el color.

Según una realización específica, la característica visual extraída de la pluralidad de semillas de *Matthiola* no se basa en el color de las semillas (por ejemplo, se extrae sin calcular el tono de color y/o sin utilizar canales de color diferentes). Por lo tanto, por ejemplo, la extracción se lleva a cabo de manera que el color de los dos lotes diferentes de semillas sea estadísticamente similar.

Opcionalmente, las semillas se diferencian entre sí al plantarlas, esperar a que crezcan lo suficiente para distinguir características visibles del crecimiento como flores simples o dobles.

Opcionalmente, las semillas no pueden diferenciarse entre sí mediante un clasificador estadístico no neuronal solo según características visuales extraídas basadas en características físicas, como tamaño, color, textura, características dibujadas a mano, forma y un marcador visual segmentable, como el debido a secuencias de ADN modificadas genéticamente que activan diferentes marcadores visuales en semillas de flores simples y dobles.

Opcionalmente, las semillas se cultivan en las mismas (o similares) condiciones ambientales, como durante la misma temporada de crecimiento, en la misma ubicación geográfica (por ejemplo, mismo campo, mismo invernadero) y/o a la misma temperatura.

Opcionalmente, las imágenes correspondientes a las semillas se clasifican según categorías de clasificación que se determinan durante una fase de entrenamiento para entrenar la red neuronal. El entrenamiento se realiza utilizando imágenes de semillas de entrenamiento intactas (y preferiblemente viables). Las semillas se plantan hasta que haya un crecimiento suficiente para permitir la diferenciación entre flores simples y dobles. Las imágenes de las semillas (es decir, antes de ser plantadas) se etiquetan con la indicación de flores simples o dobles. La red neuronal se entrena con las imágenes de semillas de *Matthiola* etiquetadas con las indicaciones de flores simples y dobles. Las nuevas imágenes de semillas se clasifican como flores simples o dobles mediante la red neuronal entrenada con imágenes de las semillas de entrenamiento, lo que permite

determinar si son flores simples o dobles directamente desde la imagen sin necesidad de plantar la semilla primero.

Al menos algunos de los sistemas, métodos, aparatos y/o instrucciones de código descritos aquí abordan el problema técnico de clasificar las semillas de Matthiola en el fenotipo de doble floración o de floración simple. En general, el fenotipo de doble floración es deseable, mientras que la floración simple no lo es. La práctica actual de separación de las semillas de Matthiola de variedades japonesas y europeas según el fenotipo de floración simple o doble se realiza manualmente después de la germinación de las semillas en el vivero, lo cual es propenso a errores, o en el campo mediante la siembra de las semillas hasta alcanzar la etapa de floración. Tales enfoques existentes son consumidores de tiempo, intensivos en mano de obra y no son rentables. Al menos algunos de los sistemas, métodos, aparatos y/o instrucciones de código descritos aquí abordan el problema técnico mencionado anteriormente y/o mejoran el proceso existente de clasificación manual basado en semillas germinadas y/o semillas plantadas en la etapa de floración, utilizando imágenes de las semillas de Matthiola antes de la germinación y antes de la etapa de floración, y sin necesidad de plantar las semillas. Las imágenes de las semillas de Matthiola cuyo fenotipo de floración simple o doble es desconocido y no se puede determinar mediante enfoques existentes, ya que las semillas aún no han germinado ni se han plantado y no han alcanzado la etapa de floración, se ingresan en una red neuronal entrenada con imágenes etiquetadas de semillas de Matthiola. La red neuronal infiere la categoría de clasificación de floración simple o doble para las semillas representadas en las imágenes, opcionalmente solo a partir de las imágenes, sin requerir la germinación y/o siembra de las semillas para alcanzar la etapa de floración. Los inventores descubrieron que una red neuronal entrenada con imágenes etiquetadas de semillas de Matthiola es capaz de inferir con precisión el fenotipo de floración simple o doble en nuevas imágenes de semillas de Matthiola cuyo fenotipo es desconocido y no puede determinarse mediante métodos manuales (es decir, cuando las semillas están pregerminadas y no plantadas y no expresan la etapa de floración).

Al menos algunos de los sistemas, métodos, aparatos y/o instrucciones de código descritos aquí mejoran el campo técnico de clasificación automatizada de semillas. Las máquinas tradicionales para la clasificación de semillas se basan en propiedades físicas de las semillas, como una mesa de gravedad que clasifica las semillas según su peso. Las máquinas de clasificación basadas en métodos ópticos todavía se apoyan en propiedades visuales de las semillas según propiedades físicas, como tamaño, color, forma y textura. Las máquinas de clasificación tradicionales pueden asegurar indirectamente propiedades físicas homogéneas de las semillas (por ejemplo, tamaño, forma, color) al eliminar suciedad, materiales extraños, semillas rotas y semillas

deformadas. Ninguna de las máquinas de clasificación tradicionales analiza las semillas para categorizarlas en floración simple o doble.

Al menos algunos de los sistemas, métodos, aparatos y/o instrucciones de código descritos aquí mejoran el campo técnico de la clasificación automatizada y/o la clasificación automatizada de semillas. La clasificación automatizada y/o la clasificación automatizada no se basa en la simple codificación de un proceso manual existente en una computadora. En lugar de eso, al menos algunos sistemas, métodos, aparatos y/o instrucciones de código descritos aquí convierten un método subjetivo en un método objetivo y reproducible basado en el código de la red neuronal entrenada descrito aquí. Los inventores desarrollaron nuevos pasos que no existían previamente en el proceso manual y no tienen equivalentes en dicho proceso, a saber, el entrenamiento del código de la red neuronal y/o la ejecución del código de la red neuronal entrenada para clasificar y/o agrupar automáticamente imágenes de semillas. Al menos el código de la red neuronal entrenada descrito aquí proporciona resultados objetivos y reproducibles de clasificación y/o agrupación, que no están disponibles mediante procesos manuales estándar. Además, como se describe aquí, en casos en los que las semillas son visualmente indistinguibles entre sí para un usuario, los procesos automatizados descritos aquí son capaces de realizar la clasificación y/o agrupación que no se puede llevar a cabo manualmente.

El término "semilla" se refiere a una semilla de la planta con flores del género *Matthiola*, que es una unidad reproductiva completa y autosuficiente. La semilla típicamente consta de un embrión cigótico resultante de la fertilización sexual o mediante la reproducción asexual de semillas (apomixis), reservas de nutrientes en estructuras denominadas cotiledones, endospermo o megagametofitos, y una cubierta protectora que abarca las reservas de almacenamiento y el embrión.

Las semillas de *Matthiola* que se están sometiendo a categorización según las modalidades de la presente invención son típicamente viables, es decir, capaces de germinar, aunque en algunos casos también se contempla la categorización de semillas no viables, como se describe más adelante.

Según una modalidad particular, las semillas son de la especie *Matthiola incana*.

Las semillas de *Matthiola incana* pueden ser de cualquier variedad y de cualquier origen genético, por ejemplo, serie Iron; variedad Iron Rose Pink, Iron Blue, Iron Deep Pink, Iron Rose, Iron White, Iron Marine, Iron Purple, Iron Pink, Iron Apricot, Iron Yellow, Iron Cherry Blossom; serie Iron early; Iron early Deep Yellow, Iron early Rose Pink, Iron early Pink, Iron early Marine, Iron early White; serie Quartet; Quartet Apricot improved, Quartet Cherry Blossom, Quartet Purple, Quartet Blue, Quartet White, Quartet Marine, Quartet Rose, Quartet Red II; serie Centum;

Centum Deep Blue, Centum Cream; serie New Kabuki; New Kabuki Dark Lavender, New Kabuki Rose Pink; serie Katz; Katz White, Katz Crimson, Katz Blue; serie Aida; Aida White, Aida Blue; Revolution II White, Cheerful Yellow y Arrow White.

Según una modalidad particular, el *Matthiola* es una semilla seca. Las condiciones
5 adecuadas (temperatura, humedad relativa y tiempo) para el proceso de secado variarán según la semilla y pueden determinarse empíricamente (consulte, por ejemplo, Jeller et al. 2003. *ibid*).

El *Matthiola* de la presente invención también puede ser una semilla preparada.

Se apreciará que el sistema descrito aquí es capaz de categorizar una población heterogénea o lote de semillas, una parte de las cuales tiene un fenotipo de floración simple y otra parte tiene
10 un fenotipo de floración doble. La red neuronal puede calcular la categoría de clasificación y/o el embebido y/o realizar el agrupamiento para clasificar la población heterogénea o lote de semillas según una o más de las indicaciones heterogéneas mencionadas aquí.

En el presente documento, el término "floración doble" se refiere a una característica donde el número de pétalos por flor se incrementa en comparación con el número de pétalos en la especie de
15 flor simple de tipo salvaje. En una modalidad particular, el término "floración doble" se refiere a la característica de tener una flor dentro de otra flor. La floración doble suele resultar de la conversión de estambres y carpelos en pétalos y sépalos.

En el presente documento, el término *clasificación* de semillas a veces se puede intercambiar con el término *agrupamiento* de semillas; por ejemplo, al analizar múltiples imágenes
20 de semillas, cada imagen puede clasificarse y utilizarse para crear grupos, y/o las imágenes de semillas pueden incrustarse y las incrustaciones pueden agruparse. El término *categoría de clasificación* a veces se puede intercambiar con el término "incrustación". Por ejemplo, la salida de la red neuronal entrenada en respuesta a una imagen de una semilla puede ser una o más categorías de clasificación, o un vector que almacena una incrustación calculada. Cabe destacar
25 que la categoría de clasificación y la incrustación pueden ser emitidas por la misma red neuronal entrenada. Por ejemplo, la categoría de clasificación se emite en la última capa de la red neuronal, y la incrustación se emite en una capa de incrustación oculta de la red neuronal.

Ahora se hace referencia a la FIG. 1, que es un diagrama de flujo de un proceso para clasificar semillas según imágenes de las semillas, de acuerdo con algunas modalidades de la
30 presente invención. También se hace referencia a la FIG. 2, que es un diagrama de bloques de los componentes de un sistema 200 para clasificar y/o agrupar semillas según las imágenes de las semillas, y/o para entrenar redes neuronales para clasificar y/o agrupar las imágenes de las semillas, de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención. El Sistema 200 puede generar instrucciones de código según la clasificación y/o agrupación automatizada basada en la
35 salida de la red neuronal entrenada (s), que, cuando son ejecutadas por un controlador de

dispositivo de clasificación 201A, hace que un dispositivo de clasificación 202 clasifique automáticamente las semillas. También se hace referencia a la FIG. 3, que es un diagrama de flujo de un proceso para entrenar una o más redes neuronales para calcular categorías de clasificación y/o incrustaciones según las imágenes de las semillas, de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención. El Sistema 200 puede llevar a cabo las acciones del método descrito con referencia a la FIG. 1 y/o la FIG. 3, por ejemplo, mediante un procesador de hardware 202 de un dispositivo informático 204 ejecutando el código 206A almacenado en una memoria 206.

El dispositivo de clasificación 201 está diseñado para clasificar semillas de forma automática, manual y/o semiautomática. El dispositivo de clasificación 201 puede implementarse, por ejemplo, como una línea de ensamblaje de semillas individuales o grupos de semillas que se clasifican en diferentes compartimientos. En otra implementación, el dispositivo de clasificación 201 puede incluir una plataforma para almacenar semillas y un brazo robótico para seleccionar semillas individuales para su clasificación. El dispositivo de clasificación 201 puede incluir un mecanismo para la eliminación y/o eliminación de ciertas semillas, por ejemplo, semillas impuras.

El controlador del dispositivo de clasificación 201A puede implementarse, por ejemplo, como un procesador de hardware integrado dentro del dispositivo de clasificación 201, un dispositivo informático externo en comunicación con el dispositivo de clasificación 201 y/o una pantalla externa que presenta instrucciones manuales para que un usuario opere manual y/o semiautomáticamente el dispositivo de clasificación 201.

El(los) sensor(es) de imagen 212 pueden estar instalados dentro y/o integrados con el dispositivo de clasificación 201, por ejemplo, capturando imágenes de las semillas para la clasificación por el dispositivo de clasificación 201. El(los) sensor(es) de imagen 212 pueden estar ubicados externa y/o independientemente del dispositivo de clasificación 201, por ejemplo, para capturar imágenes de semillas para la creación de imágenes de entrenamiento 216 para entrenar la(s) red(es) neuronal(es) descrita(s) aquí.

Sensores de imagen ejemplares 212 incluyen: RGB (rojo, verde, azul), multiespectrales, hiperespectrales, rango de frecuencia de luz visible, rango de frecuencia de infrarrojo cercano (NIR), rango de frecuencia de infrarrojo (IR), y combinaciones de lo mencionado anteriormente.

El dispositivo informático 204 puede implementarse como, por ejemplo, un terminal de cliente, una máquina virtual, un servidor, un servidor virtual, una nube informática, un dispositivo móvil, una computadora de escritorio, un cliente ligero, un quiosco y un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono inteligente, una tableta, una computadora portátil, una computadora vestible, una computadora de gafas y una computadora de reloj).

Se pueden implementar múltiples arquitecturas del sistema 200 basado en el dispositivo informático 204. Por ejemplo:

* El dispositivo informático 204 puede integrarse con el dispositivo de clasificación 201 (es decir, controlado por el controlador 201A), como una consola de control y/o una unidad de control y/o instrucciones de código almacenadas dentro del dispositivo de clasificación 201 para su ejecución por un procesador de hardware del dispositivo de clasificación 201 (por ejemplo, ejecución por el controlador 201A).

* El dispositivo informático 204 puede implementarse como un dispositivo independiente (por ejemplo, quiosco, terminal de cliente, teléfono inteligente, servidor) que incluye instrucciones de código almacenadas localmente 206A que implementan una o más de las acciones descritas con referencia a la FIG. 1. El dispositivo informático 204 está externo al dispositivo de clasificación 201 y se comunica con el dispositivo de clasificación 201, por ejemplo, a través de una red, y/o almacenando instrucciones en un dispositivo de almacenamiento de datos que luego es accedido por el controlador 201A. Las instrucciones almacenadas localmente pueden obtenerse de otro servidor, por ejemplo, descargando el código a través de la red y/o cargando el código desde un dispositivo de almacenamiento portátil.

* El dispositivo informático 204 que ejecuta las instrucciones de código almacenadas 206A puede implementarse como uno o más servidores (por ejemplo, servidor de red, servidor web, nube informática, servidor virtual) que proporciona servicios (por ejemplo, una o más de las acciones descritas con referencia a la FIG. 1 a uno o más terminales de cliente 218 a través de una red 210. Por ejemplo, proporcionar software como servicio (SaaS) a los terminales de cliente 218, proporcionar servicios de software accesibles mediante una interfaz de software (por ejemplo, interfaz de programación de aplicaciones (API), kit de desarrollo de software (SDK)), proporcionar una aplicación para descarga local en los terminales de cliente 218, proporcionar un complemento para un navegador web en ejecución en los terminales de cliente 218 y/o proporcionar funciones mediante una sesión de acceso remoto a los terminales de cliente 218, como a través de un navegador web ejecutado por el terminal de cliente 218 accediendo a un sitio web alojado por el dispositivo informático 204. Cada terminal de cliente 208 puede estar asociado con un dispositivo de clasificación respectivo y/o controlador de dispositivo de clasificación y/o sensor de imagen 212, de modo que el dispositivo informático 204 genera de manera central instrucciones para la clasificación de semillas en dispositivos de clasificación remotos según imágenes adquiridas de forma remota.

Cabe destacar que el entrenamiento de la(s) red(es) neuronal(es) y la inferencia de la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) de imágenes de semillas pueden implementarse mediante el

mismo dispositivo informático y/o por diferentes dispositivos informáticos. Por ejemplo, un dispositivo informático entrena la(s) red(es) neuronal(es) y transmite la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) a otro dispositivo informático que actúa como servidor y/o proporciona la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) para su instalación y ejecución local para la inferencia de las imágenes.

5 El dispositivo informático 204 recibe imágenes de semillas (también denominadas en este documento imágenes de semillas) capturadas por el(los) sensor(es) de imagen 212. Las imágenes de semillas capturadas por el(los) sensor(es) de imagen 212 pueden almacenarse en un repositorio de imágenes 214, por ejemplo, en el dispositivo de almacenamiento de datos 222 del dispositivo informático 204, un servidor de almacenamiento, un dispositivo de almacenamiento de datos, una
10 nube informática, memoria virtual y un disco duro. Las imágenes de entrenamiento 216 pueden crearse en base a las imágenes de semillas capturadas, como se describe aquí.

Las imágenes de entrenamiento 216 se utilizan para entrenar la(s) red(es) neuronal(es), como se describe aquí. Cabe destacar que las imágenes de entrenamiento 216 pueden ser almacenadas por un servidor 218, accesible por el dispositivo informático 204 a través de la red
15 210, por ejemplo, un conjunto de datos de entrenamiento personalizado creado para el entrenamiento de la(s) red(es) neuronal(es), como se describe aquí. El servidor 218 puede crear la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) ejecutando el código de entrenamiento 206B y utilizando la(s) imagen(es) de entrenamiento 216, como se describe aquí.

El dispositivo informático 204 puede recibir las imágenes de entrenamiento 216 y/o las
20 imágenes de semillas del dispositivo de imagen 212 y/o del repositorio de imágenes 214 mediante una o más interfaces de imagen 220, por ejemplo, una conexión por cable (por ejemplo, puerto físico), una conexión inalámbrica (por ejemplo, antena), un bus local, un puerto para la conexión de un dispositivo de almacenamiento de datos, una tarjeta de interfaz de red, otras implementaciones de interfaz física y/o interfaces virtuales (por ejemplo, interfaz de software,
25 conexión de red privada virtual (VPN), interfaz de programación de aplicaciones (API), kit de desarrollo de software (SDK)).

El(los) procesador(es) de hardware 202 pueden implementarse, por ejemplo, como una unidad central de procesamiento (CPU), una unidad de procesamiento gráfico (GPU), una matriz de compuertas programable (FPGA), un procesador de señal digital (DSP) y un circuito integrado
30 específico de la aplicación (ASIC). El(los) procesador(es) 202 pueden incluir uno o más procesadores (homogéneos o heterogéneos), que pueden estar dispuestos para el procesamiento paralelo, como agrupamientos y/o como una o más unidades de procesamiento multinúcleo.

La memoria 206 (también denominada en este documento almacenamiento de programas y/o dispositivo de almacenamiento de datos) almacena instrucciones de código para la ejecución

por el(los) procesador(es) de hardware 202, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM) y/o un dispositivo de almacenamiento, por ejemplo, memoria no volátil, medios magnéticos, dispositivos de memoria semiconductora, disco duro, almacenamiento extraíble y medios ópticos (por ejemplo, DVD, CD-ROM). La memoria 206 almacena instrucciones de código para implementar la red neuronal entrenada 222A. La memoria 206 almacena el código de procesamiento de imágenes 206A que implementa una o más acciones y/o características del método descrito con referencia a la FIG. 1, y/o el código de entrenamiento 206B que ejecuta una o más acciones del método descrito con referencia a la FIG. 3.

El dispositivo informático 204 puede incluir un dispositivo de almacenamiento de datos 222 para almacenar datos, por ejemplo, una o más redes neuronales entrenadas 222A (como se describe aquí), y/o imágenes de entrenamiento 216 y/o conjuntos de datos de entrenamiento que incluyen las imágenes de entrenamiento (como se describe aquí). El dispositivo de almacenamiento de datos 222 puede implementarse como, por ejemplo, una memoria, un disco duro local, un dispositivo de almacenamiento extraíble, un disco óptico, un dispositivo de almacenamiento, y/o como un servidor remoto y/o nube informática (por ejemplo, accedido a través de la red 210). Cabe destacar que la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) 222A y/o las imágenes de entrenamiento 216 pueden almacenarse en el dispositivo de almacenamiento de datos 222, con porciones ejecutables cargadas en la memoria 206 para su ejecución por el(los) procesador(es) 202.

El dispositivo informático 204 puede incluir una interfaz de datos 224, opcionalmente una interfaz de red, para conectarse a la red 210, por ejemplo, una o más de las siguientes: una tarjeta de interfaz de red, una interfaz inalámbrica para conectarse a una red inalámbrica, una interfaz física para conectarse a un cable para la conectividad de red, una interfaz virtual implementada en software, software de comunicación de red que proporciona capas superiores de conectividad de red, y/o otras implementaciones. El dispositivo informático 204 puede acceder a uno o más servidores remotos 218 utilizando la red 210, por ejemplo, para descargar imágenes de entrenamiento actualizadas 216 y/o para descargar una versión actualizada del código de procesamiento de imágenes 206A, código de entrenamiento 206B y/o la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) 222A.

El dispositivo informático 204 puede comunicarse utilizando la red 210 (o otro canal de comunicación, como a través de un enlace directo (por ejemplo, cable, inalámbrico) y/o enlace indirecto (por ejemplo, a través de un dispositivo informático intermedio como un servidor y/o a través de un dispositivo de almacenamiento) con uno o más de los siguientes:

* Dispositivo de clasificación 201 y/o controlador 201A, para proporcionar las instrucciones generadas para la clasificación y/o agrupación automática de semillas. Las instrucciones pueden ser instrucciones de código para la operación automática del dispositivo de clasificación 201 cuando se ejecutan en el controlador 201A y/o instrucciones manuales para la
 5 operación manual del dispositivo de clasificación 201 y/o controlador 201A y/o instrucciones manuales para programar el dispositivo de clasificación 201 y/o controlador 201A.

* Terminal(es) de cliente 208, por ejemplo, cuando el dispositivo informático 204 actúa como servidor proporcionando servicios de análisis de imágenes (por ejemplo, SaaS) a dispositivos de clasificación remotos.

10 * Servidor 218, por ejemplo, almacenando imágenes de entrenamiento y/o obteniendo redes neuronales entrenadas.

* Repositorio de imágenes 214 que almacena imágenes de entrenamiento 216 y/o imágenes de semillas producidas por el(los) sensor(es) de imagen 212.

Cabe señalar que la interfaz de imagen 220 y la interfaz de datos 224 pueden existir como
 15 dos interfaces independientes (por ejemplo, dos puertos de red), como dos interfaces virtuales en una interfaz física común (por ejemplo, redes virtuales en un puerto de red común) y/o integradas en una sola interfaz (por ejemplo, interfaz de red).

El dispositivo informático 204 incluye o está en comunicación con una interfaz de usuario 226 que incluye un mecanismo diseñado para que un usuario ingrese datos (por ejemplo, seleccione un parámetro de clasificación objetivo, como el nivel de pureza deseado de la semilla, designe una semilla de comparación) y/o vea el análisis calculado (por ejemplo, categorías de clasificación de semillas, instrucciones basadas en texto para la operación manual del dispositivo de clasificación 201). Las interfaces de usuario 226 ejemplares incluyen, por ejemplo, una o más de las siguientes: una pantalla táctil, un monitor, un teclado, un ratón y software activado por voz
 20 mediante altavoces y micrófono.

Opcionalmente, una interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) 222B (almacenada, por ejemplo, en el dispositivo de almacenamiento de datos 222 y/o en la memoria 206 del dispositivo informático 204) se presenta en una implementación de pantalla de la interfaz de usuario 226. La GUI 222B puede usarse para seleccionar el objetivo de clasificación y/o ver
 30 imágenes de semillas seleccionadas y/o ver instrucciones para la operación manual del dispositivo de clasificación.

Volviendo ahora a la FIG. 1, en el paso 102, se entrena una o más redes neuronales y/o se proporcionan redes neuronales entrenadas para clasificar la(s) imagen(es) de cada semilla de Matthiola en la categoría de floración simple o doble.

Las redes neuronales entrenadas pueden seleccionarse entre múltiples redes neuronales entrenadas disponibles. La selección puede realizarse manualmente por un usuario (por ejemplo, a través de la GUI, por ejemplo, mediante un menú y/o iconos de redes neuronales disponibles). La selección puede realizarse automáticamente mediante código que analiza, por ejemplo, la imagen de la semilla, los metadatos de la imagen de la semilla, obtiene una indicación del tipo de hardware del(los) sensor(es) de imagen, y/o obtiene una indicación del tipo de semillas que se están capturando (por ejemplo, de una base de datos, de la máquina de clasificación, de la entrada manual del usuario). La selección puede realizarse de acuerdo con el objetivo de clasificación descrito con referencia al paso 104.

Cabe destacar que el paso 102 y 104 pueden integrarse y ejecutarse como una sola característica, ejecutarse en paralelo y/o el paso 104 puede ejecutarse antes del paso 102.

La arquitectura de la(s) red(es) neuronal(es) puede implementarse, por ejemplo, con capas de convolución, agrupación, no linealidad, codificador-decodificador, recurrentes, localmente conectadas, completamente conectadas y/o combinaciones de las anteriores.

La(s) red(es) neuronal(es) se entrena según un conjunto de datos de entrenamiento de imágenes de entrenamiento. Las imágenes de entrenamiento representan una mezcla de categorías de semillas de *Matthiola* de floración simple y doble. A cada imagen de entrenamiento se le asocia una indicación de la categoría de clasificación y opcionalmente si la categoría de clasificación está ausente, por ejemplo, mediante una etiqueta, metadatos almacenados en asociación con la imagen de entrenamiento y/o como un valor almacenado en una base de datos.

Se describe un método ejemplar para entrenar la(s) red(es) neuronal(es) con referencia a la FIG. 3.

En el paso 104, se proporciona uno o más objetivos de clasificación. Los objetivos de clasificación pueden ser ingresados manualmente por un usuario (por ejemplo, a través de la GUI, seleccionados de una lista de objetivos de clasificación disponibles), obtenidos como valores predefinidos almacenados en un dispositivo de almacenamiento de datos y/o calculados automáticamente.

Objetivos de clasificación ejemplares incluyen:

* No se proporciona ningún objetivo de clasificación. En tales casos, las semillas se agrupan según las incrustaciones calculadas por la capa de incrustación de la red neuronal. Los grupos incluyen semillas más similares entre sí. Los grupos se crean según las indicaciones de floración simple y doble.

* Una imagen de una semilla objetivo. La semilla objetivo puede ser una progenitora de la mezcla de semillas que se está analizando. Otras semillas que se determinan como similares a la

semilla objetivo (por ejemplo, que tienen una distancia estadística según la incrustación de sus imágenes inferior a un umbral, como se describe con referencia al paso 110) pueden agruparse juntas. Proporcionar la imagen de la semilla permite seleccionar otras semillas similares esperadas a tener otras categorías de clasificación similares sin necesariamente saber cómo obtuvo sus rasgos la planta deseada. La semilla objetivo puede ser de floración doble. Se identifican otras semillas de floración doble para la semilla objetivo, o se identifican otras semillas de floración simple para la semilla objetivo.

* Una distribución estadística objetivo de categorías de clasificación. Por ejemplo, una proporción de 1:3 de categorías de clasificación de floración simple y doble. La distribución estadística objetivo puede obtenerse, por ejemplo, plantando las semillas y determinando la distribución a partir del crecimiento resultante. La distribución estadística objetivo puede calcularse según uno o más valores de análisis objetivo proporcionados, por ejemplo, un verdadero positivo objetivo, un verdadero negativo objetivo, un falso positivo objetivo y un falso negativo objetivo.

En el paso 106, la(s) imagen(es) de la(s) semilla(s) se capturan mediante el(los) sensor(es) de imagen.

Como se utiliza en este contexto, los términos *semilla objetivo* e *imagen objetivo* (o *imagen de semilla objetivo*) se refieren a la semilla e imagen que se están analizando y procesando en ese momento.

Sensores de imagen ejemplares incluyen: RGB (rojo, verde, azul), multiespectrales, hiperespectrales, rango de frecuencia de luz visible, rango de frecuencia de infrarrojo cercano (NIR), rango de frecuencia de infrarrojo (IR), y combinaciones de lo mencionado anteriormente.

Puede capturarse una o más imágenes de las semillas, por ejemplo, cada imagen puede ser capturada utilizando un sensor de imagen diferente y/o a una frecuencia diferente. En otra implementación, la imagen incluye múltiples canales, correspondientes a diferentes frecuencias.

Una sola imagen puede incluir múltiples semillas, o una sola imagen puede incluir una sola semilla. Opcionalmente, cuando la imagen incluye múltiples semillas, se ejecuta un código de segmentación para segmentar cada semilla de la imagen, por ejemplo, basándose en el color de la semilla en comparación con el fondo, basándose en el cálculo de un mapa binario y/o basándose en la detección de bordes. Se pueden crear subimágenes, cada una incluyendo una semilla, donde cada subimagen se procesa según lo descrito aquí con referencia a la imagen de la semilla.

En el paso 108, la(s) imagen(es) objetivo de la(s) semilla(s) se ingresan en la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s). Opcionalmente, se puede procesar una sola imagen de una sola semilla,

por ejemplo, de manera secuencial. En algunas implementaciones, se procesan en paralelo múltiples imágenes, cada una de una sola semilla.

La(s) red(es) neuronal(es) calcula(n) una indicación de las categorías de clasificación de floración simple o doble para la semilla física representada en la imagen. La indicación de las categorías de clasificación puede ser emitida, por ejemplo, por la última capa de la red neuronal, por ejemplo, una capa completamente conectada.

La red neuronal calcula la categoría de clasificación al menos según los pesos y/o la arquitectura de la red neuronal entrenada. En algunas implementaciones, se pueden extraer y analizar características explícitamente definidas (por ejemplo, basadas en propiedades visuales y/o físicas de la semilla, como color, tamaño, forma, textura) además de las características extraídas automáticamente según los pesos de la red neuronal entrenada. A diferencia de los clasificadores estadísticos no neurales que al menos extraen características explícitamente definidas indicativas de propiedades visuales y/o físicas de las semillas, la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) no necesariamente extraen tales características explícitamente definidas. Aunque la red neuronal puede aprender implícitamente tales características durante el entrenamiento, a diferencia del entrenamiento para clasificadores estadísticos no neurales, tales características visuales y/o físicas no están explícitamente definidas para la red neuronal. Por ejemplo, los clasificadores estadísticos no neurales extraen características visuales basadas en una o más propiedades físicas de la semilla, por ejemplo, características elaboradas a mano, dimensiones de tamaño de la semilla, color de la semilla, forma de la semilla, textura de la semilla, combinaciones de lo anterior y similares. Para semillas que son visual y/o físicamente similares entre sí, pero difieren en el rasgo de floración simple o doble, los clasificadores estadísticos no neurales entrenados no pueden calcular la categoría de clasificación para la semilla con significancia estadística (es decir, calcular la categoría de clasificación con insignificancia estadística) basándose en características visuales y/o físicas explícitamente definidas, por ejemplo, clasificar las semillas en la misma categoría de clasificación ya que las semillas tienen las mismas características visuales y/o físicas (dentro de un requisito de tolerancia, por ejemplo, umbral). Las características visuales extraídas de una imagen de una semilla son estadísticamente similares (por ejemplo, dentro del umbral de tolerancia) a las características visuales correspondientes extraídas de otra imagen de otra semilla. En contraste, la red neuronal descrita aquí puede diferenciar entre las semillas visual y/o físicamente similares, para clasificar las semillas según la diferencia de rasgo.

La indicación de las categorías de clasificación producidas por la(s) red(es) neuronal(es) entrenada(s) puede ser una categoría de clasificación absoluta y/o una probabilidad de caer en la categoría de clasificación.

La(s) red(es) neuronal(es) puede(n) calcular una incrustación para la imagen de la semilla. La incrustación puede almacenarse como un vector de una longitud predefinida. La incrustación puede ser producido por una capa de incrustación de la red neuronal, que puede ser la misma red neuronal entrenada para producir la categoría de clasificación. La capa de incrustación puede ser una capa intermedia y/o oculta de la red neuronal entrenada para producir la categoría de clasificación. Las capas después de la capa de incrustación pueden eliminarse de la red neuronal, de modo que los valores incrustados son producidos por la capa de incrustación actuando como la capa final.

Opcionalmente, la categoría de clasificación se determina según una anotación de una imagen incrustada identificada que es similar al incrustación calculado para la imagen de la semilla objetivo que se está analizando. La imagen incrustada puede obtenerse del conjunto de datos de entrenamiento que almacena incrustaciones de las imágenes de entrenamiento calculados por la capa de incrustación de la red neuronal entrenada. La imagen incrustada similar puede identificarse según un requisito de una distancia de similitud entre la incrustación de la imagen objetivo y el incrustación de la imagen de entrenamiento. La distancia de similitud puede calcularse como una distancia entre un vector que almacena la incrustación de la imagen objetivo y cada vector que almacena el incrustación de las respectivas imágenes de entrenamiento. Alternativamente, la distancia de similitud se calcula entre la incrustación de la imagen objetivo y un conjunto de incrustaciones de imágenes de entrenamiento, cada uno asociado con la misma categoría de clasificación. La distancia puede calcularse hasta el centro del conjunto y/o el borde del conjunto.

La distancia de similitud puede calcularse como la distancia de la norma L2. Por ejemplo, se encuentra la representación vectorial de incrustaciones de las imágenes de entrenamiento que está más cerca (es decir, distancia mínima) a la representación vectorial del incrustación de la imagen de semilla objetivo. La categoría de clasificación de la imagen de entrenamiento incrustada más cercana se extrae y se produce como la categoría de clasificación de la semilla objetivo.

En el paso 110, varias imágenes (y/o incrustaciones de las mismas) de múltiples semillas de diferentes categorías de clasificación (y/o diferentes incrustaciones) pueden agruparse. Las imágenes de las semillas se agrupan en un conjunto de flores simples o en un conjunto de flores dobles.

Cuando se reciben varias imágenes, cada una de una sola semilla de una categoría de clasificación respectiva, se crean conjuntos según las imágenes, donde las imágenes clasificadas en la misma categoría están en el mismo conjunto. Alternativa o adicionalmente, las imágenes de las semillas se agrupan según las incrustaciones calculadas para cada imagen de semilla. Las representaciones vectoriales de las incrustaciones pueden agruparse mediante código de

agrupamiento, por ejemplo, vectores más cercanos entre sí dentro de un espacio N-dimensional (donde N es la longitud de vector predefinida) se agrupan juntos. Las distancias entre las imágenes del grupo pueden calcularse como distancias estadísticas entre incrustaciones de las imágenes calculadas por la capa de incrustación de la red neuronal entrenada, opcionalmente entre representaciones vectoriales de las incrustaciones, por ejemplo, distancias de norma L2 entre las representaciones vectoriales de las incrustaciones. Las semillas pueden agruparse físicamente según los agrupamientos creados por la máquina clasificadora según las instrucciones generadas para clasificar las semillas correspondientes a los agrupamientos (por ejemplo, como se describe con referencia al paso 112).

Opcionalmente, los agrupamientos se calculan de manera que cada miembro de imagen incrustada de cada grupo respectivo esté al menos a una distancia umbral de otro grupo. Alternativa o adicionalmente, los agrupamientos se calculan de manera que cada miembro de imagen incrustada de cada grupo respectivo esté a menos de una distancia umbral de cualquier otro miembro del mismo grupo respectivo. La distancia umbral se selecciona, por ejemplo, para definir la cantidad de tolerancia de similitud entre los miembros del grupo y/o para definir la cantidad de tolerancia de diferencia entre los miembros de diferentes agrupamientos. Alternativa o adicionalmente, una distancia intra-agrupamiento calculada entre incrustaciones de un mismo grupo es menor que una distancia inter-agrupamiento calculada entre incrustaciones de diferentes agrupamientos. Las distancias entre incrustaciones del mismo grupo son menores que la distancia entre un grupo y otro (por ejemplo, la distancia entre cualquier incrustación de un grupo y cualquier incrustación de otro grupo) para evitar superposiciones entre agrupamientos y/o para asegurar que los miembros del mismo grupo son más similares entre sí que a los miembros de otro grupo.

Opcionalmente, la agrupación se realiza según una proporción objetivo de categorías de clasificación. Los miembros de los agrupamientos se disponen según la proporción objetivo. La proporción objetivo puede proporcionarse con referencia al paso 104. Por ejemplo, la proporción objetivo puede ser del 95% de semillas de doble floración. La agrupación se realiza de manera que el 95% de las semillas identificadas como de floración única o doble están dentro del agrupamiento, y el resto se excluyen. Por ejemplo, se selecciona el 95% de las incrustaciones de las imágenes de las semillas que están más cercanas entre sí para el agrupamiento. En otro ejemplo, la proporción objetivo de las categorías de clasificación se calcula según un análisis de crecimiento de una muestra de las semillas. Por ejemplo, se envía una muestra de un gran grupo de semillas para plantar y crecer con el fin de determinar el porcentaje de floración única y/o doble, lo que proporciona el resultado de que la muestra es del 94% de doble floración. La proporción

objetivo para agrupar el resto del grupo de semillas se establece en el 94%. Las semillas restantes se agrupan según sus respectivas imágenes hasta la proporción objetivo sin realizar pruebas destructivas adicionales.

Opcionalmente, cuando las respectivas categorías de clasificación son floración única y
 5 doble floración, las imágenes se agrupan en un conjunto de semillas indicativo de semillas clasificadas como floración única o en un conjunto de semillas indicativo de semillas clasificadas como doble floración. Opcionalmente, la agrupación en floración única o doble floración se realiza según una distribución estadística objetivo, que puede proporcionarse, por ejemplo, como se describe con referencia al paso 104. La distribución estadística objetivo puede calcularse según
 10 uno o más de los siguientes (que pueden proporcionarse, por ejemplo, como se describe con referencia al paso 104): un verdadero positivo objetivo, un verdadero negativo objetivo, un falso positivo objetivo, un falso negativo objetivo, una distribución ingresada manualmente y una distribución medida según una prueba de crecimiento (donde las semillas se plantan y crecen) realizada en una muestra de las semillas. El umbral o umbrales para la agrupación (por ejemplo,
 15 las codificaciones de la imagen y/o un valor de probabilidad asociado con la categoría de clasificación) se establece(n) según la distribución estadística objetivo.

Opcionalmente, se calcula una indicación de una proporción de categorías de clasificación según las imágenes de entrenamiento almacenadas por el conjunto de datos de entrenamiento.

Opcionalmente, la agrupación se realiza para semillas que son similares entre sí, por
 20 ejemplo, semillas que son visual y/o físicamente similares entre sí dentro de un rango de tolerancia, como se describe aquí. Alternativa o adicionalmente, los agrupamientos de las categorías de floración única y doble floración se crean para semillas que crecen bajo las mismas condiciones ambientales. Alternativa o adicionalmente, los agrupamientos de las categorías de floración única y doble floración se crean para semillas que crecen en la misma temporada de crecimiento.
 25 Alternativa o adicionalmente, los agrupamientos de las categorías de floración única y doble floración se crean para semillas que crecen en la misma ubicación geográfica. Alternativa o adicionalmente, los agrupamientos de las categorías de clasificación de floración única y doble floración se crean para semillas que tienen parámetros físicos idénticos dentro de un rango de tolerancia. Los parámetros físicos ejemplares incluyen uno o una combinación de: color, textura,
 30 tamaño, área, longitud, redondez, ancho, peso de mil semillas y combinaciones de los mencionados anteriormente.

Opcionalmente, las incrustaciones se agrupan en un nuevo conjunto cuando las incrustaciones están ubicadas por encima de un umbral de distancia de otra incrustación que corresponde a un fenotipo de doble floración y/o desde un centro de un conjunto de incrustaciones

que corresponde a un fenotipo de doble floración. El nuevo conjunto almacena incrustaciones indicativas de semillas con fenotipo de floración única. Las semillas de floración única pueden ser retiradas selectivamente del lote de semillas por la máquina clasificadora según las instrucciones de clasificación generadas (por ejemplo, como se describe con referencia al paso 112).

Alternativamente, las incrustaciones se agrupan en un nuevo conjunto cuando las incrustaciones están ubicadas por encima de un umbral de distancia de otra incrustación que corresponde a un fenotipo de floración única y/o desde un centro de un conjunto de incrustaciones que corresponde a un fenotipo de floración única. El nuevo conjunto almacena incrustaciones indicativas de semillas con fenotipo de doble floración. Las semillas de doble floración pueden ser retiradas selectivamente del lote de semillas por la máquina clasificadora según las instrucciones de clasificación generadas (por ejemplo, como se describe con referencia al paso 112).

Opcionalmente, las semillas correspondientes a incrustaciones ubicadas a una distancia umbral de otra incrustación y/o del centro de un conjunto se designan como pertenecientes a una nueva subcategoría de clasificación y se les asigna una nueva subcategoría de clasificación, por ejemplo, color. Las semillas de la nueva subcategoría de clasificación pueden ser clasificadas aún más en las subcategorías de clasificación, por ejemplo, las semillas se clasifican en combinaciones de floración única y diferentes colores, y/o doble floración y diferentes colores. El umbral de distancia puede incluir dos umbrales. Un primer umbral indicativo de semillas completamente anormales que pueden ser defectuosas y crecer. Las incrustaciones ubicadas lejos de otra incrustación y/o de un conjunto, por encima del primer umbral de distancia, son indicativas de semillas anormales, por ejemplo, que deben descartarse. Las incrustaciones ubicadas relativamente más cerca, pero aún lejos de otra incrustación (es decir, indicativas de semillas normales y/o no anormales, lo que indica floración única y/o doble floración) y/o de un conjunto, por encima de un segundo umbral de distancia, pero por debajo del primer umbral de distancia, son indicativas de una semilla con nueva subcategoría de clasificación, por ejemplo, color, que debe ser clasificada según los colores. Las imágenes y/o incrustaciones identificadas como asociadas con una nueva subcategoría de clasificación pueden agregarse al conjunto de datos de entrenamiento para actualizar la red neuronal entrenada. Por ejemplo, una indicación del nuevo tipo de semilla puede presentarse en una GUI, y se le puede pedir al usuario que ingrese manualmente la subcategoría de clasificación, como el color, después de inspeccionar visualmente el crecimiento resultante de la semilla plantada. Alternativa o adicionalmente, la nueva subcategoría de clasificación se calcula automáticamente según las categorías de clasificación

asignadas a dos o más incrustaciones de imágenes y/o dos o más conjuntos en la proximidad más cercana a la incrustación de la semilla designada como indicativa de nueva subcategoría de clasificación. La nueva categoría de clasificación puede calcularse en función de las distancias relativas a las incrustaciones de imágenes y/o conjuntos más cercanos. Por ejemplo, cuando la distancia se divide en un 75% hacia el conjunto más cercano de semillas de doble floración y un 25% hacia el conjunto más cercano de semillas de floración única, la nueva imagen y/o incrustación se asocia con una subcategoría de clasificación de un color específico del fenotipo de doble floración.

Opcionalmente, una cierta semilla se designa como defectuosa (o de otra manera anormal) cuando la incrustación de la imagen de la semilla en cuestión es estadísticamente diferente de todos los demás conjuntos. La semilla defectuosa puede ser una semilla completamente anormal para la cual no se puede determinar la clasificación de floración única / doble floración, o la semilla defectuosa puede ser una semilla defectuosa de floración única o doble floración. La diferencia estadística puede basarse en el valor o valores de la incrustación en relación con el o los valores estadísticos calculados para cada conjunto. Alternativa o adicionalmente, la semilla en cuestión se asigna a una cierta categoría de clasificación de un cierto conjunto cuando la incrustación de la imagen de la semilla en cuestión es estadísticamente similar al conjunto, opcionalmente cuando uno o más valores calculados para la incrustación son similares al o los valores estadísticos calculados para el conjunto. Los valores estadísticos ejemplares calculados para el conjunto incluyen: la media elemento a elemento de la incrustación del conjunto respectivo (por ejemplo, una representación vectorial media donde cada elemento del vector es la media de los valores correspondientes de los vectores de incrustación del conjunto), la varianza de las incrustaciones del conjunto respectivo (por ejemplo, varianza elemento a elemento de los diferentes vectores para el conjunto respectivo) y momentos superiores de las incrustaciones del conjunto respectivo. Por ejemplo, cuando la representación vectorial de la incrustación es diferente al 99% de los vectores de todos los conjuntos, la incrustación (y la semilla correspondiente) se designa como defectuosa.

Opcionalmente, cuando se proporciona una imagen de una semilla objetivo (por ejemplo, como se describe con referencia al paso 104) además de un lote de semillas mixtas, se seleccionan las semillas que son similares a la semilla objetivo del lote. Por ejemplo, cuando la semilla objetivo es de doble floración, se seleccionan las semillas de doble floración del lote. Por ejemplo, cuando la semilla objetivo es de floración única, se seleccionan las semillas de floración única del lote. La imagen de la semilla objetivo se incrusta mediante la(s) red(es) neuronal(es). Se selecciona un subconjunto de incrustaciones de imágenes ubicadas a menos de un umbral de distancia objetivo de la incrustación de la semilla objetivo. Las instrucciones generadas para la

ejecución por parte del controlador de clasificación incluyen instrucciones para seleccionar las semillas correspondientes al subconjunto seleccionado de las incrustaciones de imágenes. En otra implementación, las incrustaciones de imágenes y la incrustación de la semilla objetivo se agrupan. Se selecciona el conjunto que incluye la semilla objetivo. Las instrucciones para la ejecución por parte del controlador de clasificación incluyen instrucciones para seleccionar semillas del lote de semillas que corresponden al conjunto seleccionado.

En el paso 112, se generan instrucciones para la ejecución por parte de un controlador de clasificación de un dispositivo de clasificación para la clasificación de las semillas según la indicación de la categoría (o categorías) de clasificación y/o según los conjuntos creados (por ejemplo, de las incrustaciones y/o imágenes). Las instrucciones son para la clasificación física de las semillas correspondientes a las imágenes de semillas analizadas. Las instrucciones son para clasificar físicamente las semillas en las categorías de floración única y doble floración. Opcionalmente, las instrucciones incluyen la instrucción de desechar ciertas semillas, por ejemplo, semillas clasificadas como defectuosas (y/o para las cuales no se crea una nueva subcategoría de clasificación).

Las instrucciones pueden ser, por ejemplo, para seleccionar ciertas semillas de una mezcla de semillas, por ejemplo, seleccionar las de doble floración y dejar las de floración única, o seleccionar las de floración única y dejar las de doble floración. Las semillas pueden colocarse en la superficie de una bandeja y/o plataforma. La ubicación física de cada semilla en la plataforma se asigna a la imagen de la semilla, por ejemplo, a una subporción segmentada de la imagen que incluye varias semillas en la plataforma. Cuando se calcula la imagen de cada semilla para determinar su respectiva categoría de clasificación y/o conjunto, un brazo robótico puede seleccionar la semilla según la ubicación física asignada a la imagen. El brazo robótico puede luego colocar cada semilla en un receptáculo correspondiente a la categoría de clasificación y/o conjunto apropiado.

En otra implementación, las instrucciones pueden ser para semillas que llegan en fila única en una cinta transportadora. Cada semilla puede ser capturada en una imagen. Se posiciona un receptáculo apropiado correspondiente a la categoría de clasificación y/o conjunto de la imagen correspondiente a la semilla de manera que la semilla entre en el receptáculo adecuado. Por ejemplo, la cinta transportadora se mueve hacia el receptáculo, o el receptáculo adecuado se posiciona al final de la cinta transportadora.

Las instrucciones pueden representarse como código para la ejecución automatizada por parte del controlador, por ejemplo, como código binario, como un script, como texto legible por humanos, como código fuente, como código compilado y/o como llamadas a funciones.

Alternativa o adicionalmente, las instrucciones pueden formatearse para la ejecución manual por parte de un usuario, por ejemplo, el usuario programa manualmente la máquina clasificadora según las instrucciones. Por ejemplo, las instrucciones se presentan en una pantalla (por ejemplo, como texto, como una película y/o como ilustraciones gráficas) y/o se imprimen.

5 Opcionalmente, las instrucciones se generan en tiempo real, por ejemplo, para su ejecución por una máquina clasificadora dinámica en la que se introducen semillas (por ejemplo, de forma continua o periódica), se capturan en imagen y se clasifican dinámicamente en tiempo real.

En el paso 114, las semillas se clasifican según las categorías de clasificación y/o conjuntos calculados. La clasificación puede realizarse automáticamente por el dispositivo de clasificación
10 dirigido por el controlador de clasificación que ejecuta las instrucciones de clasificación generadas.

En el paso 116, se itera uno o más actos descritos con referencia a los bloques 104-114. Por ejemplo, las iteraciones pueden realizarse para cada imagen. Cada imagen de cada semilla se analiza de forma independiente para determinar la categoría de clasificación correspondiente, y la
15 semilla se clasifica según la categoría de clasificación. En otro ejemplo, las iteraciones pueden realizarse para varias imágenes de varias semillas, como un lote de una mezcla de semillas. Las imágenes de semillas individuales se analizan juntas (por ejemplo, en paralelo o secuencialmente con resultados intermedios almacenados) para agrupar las imágenes (por ejemplo, incrustaciones de las imágenes). Las semillas del lote se clasifican según los conjuntos.

20 Refiriéndose ahora a la FIG. 3, en el paso 302, se proporcionan múltiples imágenes de entrenamiento de diferentes semillas. Opcionalmente, las imágenes se segmentan de manera que cada imagen segmentada incluya una sola semilla. Las imágenes pueden ser adquiridas por diferentes tipos de sensores de imágenes. Las imágenes incluyen semillas de diferentes categorías de clasificación, incluyendo tanto fenotipos de floración única como de doble floración.

25 Las imágenes son de semillas en la etapa no germinada (es decir, pregerminada) y/o de semillas que no están plantadas (es decir, que aún no se han plantado) y/o de semillas que no están en la etapa de flor (es decir, que no han crecido para alcanzar la etapa de flor).

En el paso 304, cada semilla se planta para obtener una etiqueta de verdad fundamental de floración única o doble floración. La siembra se realiza de manera ordenada, de modo que se
30 conozca una correspondencia entre cada semilla plantada y la imagen de la semilla antes de plantarla. Por ejemplo, cada imagen se etiqueta con un código único, y una ubicación donde se planta la semilla se etiqueta con el mismo código único.

Cuando las semillas han crecido hasta la etapa de plántula y/o la planta ha florecido, se realiza una inspección visual para identificar si el fenotipo es de flor única o doble floración. La

inspección visual puede realizarse de forma manual y/o automática (por ejemplo, utilizando un clasificador entrenado con imágenes de plantas en flor que representan características visuales que indican floración única o doble floración, etiquetadas con el fenotipo correspondiente).

En el paso 306, cada imagen de entrenamiento de cada semilla *Matthiola* se anota con la etiqueta de verdad fundamental de la categoría de clasificación de floración única y doble floración determinada a partir del crecimiento de la plántula y/o del crecimiento en flor de la semilla plantada representada en la imagen de entrenamiento respectiva. La anotación puede realizarse manualmente por un usuario (por ejemplo, a través de una interfaz gráfica de usuario que presenta el código único de la imagen de la semilla y acepta la categoría de clasificación como entrada del usuario, por ejemplo, haciendo clic en un icono de floración única o un icono de doble floración), y/o automáticamente obtenida por código, por ejemplo, desde un dispositivo que realiza un análisis automatizado de la semilla (por ejemplo, analiza imágenes de las semillas crecidas después de plantarlas, donde la floración única frente a la doble floración es visualmente discernible utilizando características visuales).

En el paso 308, se crean uno o más conjuntos de datos de entrenamiento basados en imágenes de entrenamiento y etiquetas de verdad fundamental asociadas que indican las categorías de clasificación de floración única o doble floración. Los conjuntos de datos de entrenamiento pueden definirse de acuerdo con las redes neuronales objetivo, por ejemplo, según el tipo de sensor de imágenes.

En el paso 310, se entrena una o más redes neuronales de acuerdo con el o los conjuntos de datos de entrenamiento. Las redes neuronales se entrenan para calcular una indicación de categorías de clasificación según una imagen objetivo de una semilla capturada por un sensor de imágenes.

Opcionalmente, las redes neuronales existentes se vuelven a entrenar y/o actualizan según imágenes de entrenamiento anotadas adicionales, como cuando se detectan nuevos tipos de variantes.

Las redes neuronales pueden entrenarse según una función de pérdida. La función de pérdida puede medirse para la salida de la red neuronal sobre las imágenes de las semillas, para estimar la medida de concordancia entre las salidas de la red y las etiquetas reales de las imágenes de las semillas. Un ejemplo de una función de pérdida es la pérdida softmax. Se puede utilizar un proceso de optimización (por ejemplo, descenso de gradiente estocástico) para minimizar la función de pérdida. El proceso de optimización puede iterarse hasta que se cumpla una condición de detención.

En el paso 312, se pueden crear una o más redes neuronales de incrustación basadas en las redes neuronales entrenadas. La red neuronal de incrustación puede crearse seleccionando una capa interna oculta de la red neuronal entrenada como la capa de incrustación y eliminando las capas después de la capa de incrustación.

5 Opcionalmente, las redes neuronales de incrustación existentes se vuelven a entrenar y/o actualizan según imágenes de entrenamiento anotadas adicionales, como cuando se detectan nuevos tipos de variantes.

En el paso 314, se proporcionan las redes neuronales entrenadas y/o las redes de incrustación, por ejemplo, almacenadas por el dispositivo informático y/o proporcionadas a
10 dispositivos informáticos remotos para implementación local. Opcionalmente, se proporcionan los pesos de la red neuronal.

Se hace referencia ahora a las FIGs. 4A-4E, que son diagramas de flujo de datos ejemplares basados en los métodos descritos con referencia a las FIGs. 1 y/o 3, ejecutables por componentes del sistema 200 descrito con referencia a FIG. 2, de acuerdo con algunas realizaciones de la
15 presente invención.

FIG. 4A representa un flujo de datos para entrenar una red neuronal de incrustación 402 según imágenes de entrenamiento de semillas 404 para calcular incrustaciones de las imágenes de las semillas 406, de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención.

FIG. 4B representa un flujo de datos para determinar si dos semillas son de la misma
20 categoría (es decir, ambas de doble floración o ambas de floración única) o no. Las imágenes de las semillas 410A-B de las dos semillas se alimentan a una red neuronal 412 para el cálculo de las incrustaciones respectivas 414A-B. Se calcula una distancia 416 entre las incrustaciones 414A-B, por ejemplo, como la distancia de la norma L2 entre las representaciones vectoriales de las incrustaciones. La determinación de si las semillas son de la misma categoría 418 o de categoría
25 diferente 420 se realiza según la distancia 416, por ejemplo, cuando la distancia está por debajo de un umbral, las semillas son de la misma categoría 418, y de categoría diferente 420 cuando la distancia está por encima del umbral.

FIG. 4C representa un flujo de datos para mejorar los resultados de pureza de lotes de semillas según el crecimiento de las semillas, donde las semillas se siembran y crecen hasta la
30 etapa de plántula y/o floración para determinar si la semilla es del fenotipo de floración única o doble. Las imágenes de las semillas 430 se alimentan a una red neuronal entrenada 432, que produce indicaciones de clasificación y/o incrustaciones en una unidad de toma de decisiones 434. La unidad de toma de decisiones 434 recibe como entrada los resultados del crecimiento de las semillas 436 de una muestra de las semillas generadas por un proceso de crecimiento de semillas

donde las semillas se siembran y crecen hasta la etapa de plántula y/o floración para determinar si la semilla es del fenotipo de floración única o doble. La unidad de toma de decisiones 434 calcula umbrales de clasificación 438 para clasificar las imágenes de las semillas en función de configuraciones estadísticas conocidas 440. La unidad de toma de decisiones 434 proporciona a la unidad de clasificación 442 instrucciones sobre qué semillas descartar y/o qué semillas deben permanecer para alcanzar el nivel de pureza predeterminado. La unidad de clasificación 434 puede recibir un mapeo entre las semillas para clasificar y las imágenes de semillas correspondientes 430 procesadas por la red neuronal 432 para determinar qué semillas eliminar y/o qué semillas dejar.

FIG. 4D representa un flujo de datos para definir estadísticas de una categoría de floración única o doble de una semilla objetivo. Se alimentan múltiples imágenes de cada una de las múltiples categorías de semillas objetivo 450 en una red neuronal 452, que calcula incrustaciones 454 para cada imagen. Se calculan estadísticas 456 para las incrustaciones, según se describe aquí.

FIG. 4E representa un flujo de datos para determinar si una semilla objetivo es de la misma categoría que las semillas de la FIG. 4D o no. Se alimenta una imagen 460 de la nueva semilla objetivo a la red neuronal 452 (de la FIG. 4D) para el cálculo de una incrustación 462. La incrustación se evalúa con estadísticas de categoría 456 (calculadas según se describe con referencia a la FIG. 4D) para determinar si la nueva semilla objetivo es de una misma categoría 464 que las muestras de categoría 450 de la FIG. 4D o no de la misma categoría 466.

Ahora se hace referencia a la FIG. 5 que es un diagrama de flujo que representa un proceso de alto nivel para generar una red neuronal que clasifica una imagen que representa una semilla de *Matthiola* en floración única o doble floración, de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención. Las características de la FIG. 5 pueden corresponder y/o combinarse con las características descritas con referencia a la FIG. 3. En el paso 502, se capturan imágenes de semillas de *Matthiola* utilizando un sensor de imágenes, opcionalmente una cámara. En el paso 504, se siembran las semillas de *Matthiola*. La ubicación de cada semilla de *Matthiola* plantada se asigna a una imagen respectiva de la semilla plantada. En el paso 506, se determina el fenotipo de floración única o doble floración a partir del crecimiento de la plántula y/o la floración de la semilla de *Matthiola* sembrada. En el paso 508, se entrena un clasificador de red neuronal en un conjunto de datos de entrenamiento creado etiquetando las imágenes de las semillas de *Matthiola* con una indicación de la verdad fundamental del fenotipo de floración única o doble en el cual se desarrollaron las semillas sembradas. El clasificador de red neuronal genera un resultado de floración única o doble para una imagen objetivo que representa una semilla de *Matthiola* objetivo cuyo fenotipo es desconocido, es decir, la semilla de *Matthiola* es nueva y no se utilizó en el conjunto de datos de entrenamiento.

Se apreciará que, siguiendo la categorización y clasificación de las semillas según las enseñanzas de la presente invención, se contempla que se pueden obtener poblaciones homogéneas de semillas (es decir, semillas de solo un fenotipo de floración única y semillas de solo un fenotipo de doble floración). La red neuronal puede calcular la categoría de clasificación, y/o la

5 incrustación, y/o realizar agrupaciones, para clasificar las semillas según la categoría de floración única/doble, según se describe aquí.

La red neuronal puede calcular la categoría de clasificación, y/o la incrustación, y/o realizar agrupaciones, para clasificar semillas estadísticamente similares, según se describe aquí, con una precisión mejorada y/o mejorar la certeza estadística en comparación con clasificadores

10 estadísticos no basados en redes neuronales.

La población homogénea de semillas puede ser tal que al menos el 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 99,1 %, 99,2 %, 99,3 %, 99,4 %, 99,5 %, 99,6 %, 99,7 %, 99,8 %, 99,9 %, 99,91 %, 99,92 %, 99,93 %, 99,94 %, 99,95 %, 99,96 %, 99,97 %, 99,98 %, 99,99 %, 99,991 %, 99,992 %, 99,993 %, 99,994 %, 99,995 %, 99,996 %, 99,997 %, 99,998 %, 99,999 %, 99,9991 %, 99,9992 %, 99,9993 %, 99,9994 %, 99,9995 %, 99,9996 %, 99,9997 %, 99,9998 %, 99,9999 %, 99,99991 %, 99,99992 %, 99,99993 %, 99,99994 %, 99,99995 %, 99,99996 %, 99,99997 %, 99,99998 %, 99,99999 % de las semillas son de doble floración.

15

La población homogénea de semillas puede ser tal que al menos el 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 99,1 %, 99,2 %, 99,3 %, 99,4 %, 99,5 %, 99,6 %, 99,7 %, 99,8 %, 99,9 %, 99,91 %, 99,92 %, 99,93 %, 99,94 %, 99,95 %, 99,96 %, 99,97 %, 99,98 %, 99,99 %, 99,991 %, 99,992 %, 99,993 %, 99,994 %, 99,995 %, 99,996 %, 99,997 %, 99,998 %, 99,999 %, 99,9991 %, 99,9992 %, 99,9993 %, 99,9994 %, 99,9995 %, 99,9996 %, 99,9997 %, 99,9998 %, 99,9999 %, 99,99991 %, 99,99992 %, 99,99993 %, 99,99994 %, 99,99995 %, 99,99996 %, 99,99997 %, 99,99998 %, 99,99999 % de las semillas son de floración única.

20

Por lo tanto, según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un recipiente o grupo de recipientes que comprende una pluralidad de semillas de Matthiola, en el cual al menos el 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 99,1 %, 99,2 %, 99,3 %, 99,4 %, 99,5 %, 99,6 %, 99,7 %, 99,8 %, 99,9 %, 99,91 %, 99,92 %, 99,93 %, 99,94 %, 99,95 %, 99,96 %, 99,97 %, 99,98 %, 99,99 %, 99,991 %, 99,992 %, 99,993 %, 99,994 %, 99,995 %, 99,996 %, 99,997 %, 99,998 %, 99,999 %, 99,9991 %, 99,9992 %, 99,9993 %, 99,9994 %, 99,9995 %, 99,9996 %, 99,9997 %, 99,9998 %, 99,9999 % de las semillas son de Matthiola de doble floración.

25

30

Así también, según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un recipiente o grupo de recipientes que comprende una pluralidad de semillas de Matthiola, en el cual al menos el 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 99,1 %, 99,2 %, 99,3 %, 99,4

%, 99,5 %, 99,6 %, 99,7 %, 99,8 %, 99,9 %, 99,91 %, 99,92 %, 99,93 %, 99,94 %, 99,95 %, 99,96 %, 99,97 %, 99,98 %, 99,99 %, 99,991 %, 99,992 %, 99,993 %, 99,994 %, 99,995 %, 99,996 %, 99,997 %, 99,998 %, 99,999 %, 99,9991 %, 99,9992 %, 99,9993 %, 99,9994 %, 99,9995 %, 99,9996 %, 99,9997 %, 99,9998 %, 99,9999 % de las semillas son de *Matthiola* de floración única.

5 El recipiente puede ser cualquier vehículo capaz de contener las semillas, como una bolsa, una caja, un saco o una caja.

El recipiente puede estar etiquetado con una etiqueta adecuada que indique la fuente de la semilla y/o la pureza del lote (medida según los aspectos de la presente invención).

10 El recipiente o grupo de recipientes suele contener más de 100 semillas, más de 1000 semillas, más de 10.000 semillas, más de 100.000 semillas, más de 1.000.000 semillas, más de 10.000.000 semillas, o incluso más de 100.000.000 semillas.

El recipiente puede contener semillas de una sola planta o preferiblemente de más de una planta.

15 El peso de las poblaciones homogéneas de semillas en el recipiente o grupo de recipientes puede variar desde 10 gramos, 50 gramos, 100 gramos, 500 gramos, 1 kg, 10 kg, 20 kg, 50 kg, 100 kg, 1 tonelada o más.

La presente invención también comprende la siembra de las semillas de los recipientes.

Ahora se hace referencia a la FIG. 6, que incluye imágenes de semillas de *Matthiola* y plantas correspondientes de los tipos de floración simple y doble, de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención. Los elementos 602 muestran imágenes de semillas 602A e imágenes de plantas en flor 602B-C del tipo de floración simple. Los elementos 604 muestran imágenes de semillas 604A e imágenes de plantas en flor 604B-C del tipo de floración doble. Las imágenes 602B-C y 604B-C representan plantas de *Matthiola incana* de la serie Iron, donde la imagen 602B representa la floración simple Iron White, la imagen 604B representa la floración
25 doble Iron White, la imagen 602C representa la floración simple Iron Marine y la imagen 604C representa la floración doble Iron Marine. Al comparar visualmente las semillas 602A que dan lugar a las plantas de floración simple 602B-C con las semillas 604A que dan lugar a las plantas de floración doble 604B-C, es evidente que las semillas 602A y 604A son estadísticamente similares visualmente, sin ningún marcador visual distintivo (por ejemplo, sin características
30 visuales extraíbles, sin marcador segmentable y/o distinguible) que permita diferenciar entre los dos tipos de semillas. La red neuronal entrenada descrita aquí es capaz de clasificar con precisión las imágenes 602A y 604A en las categorías de clasificación de floración simple o doble, a partir de las cuales crecen las plantas de floración simple y doble correspondientes.

Por lo tanto, según un aspecto de algunos modos de realización de la invención, se proporciona un método de cultivo de un cultivo de *Matthiola* que comprende sembrar la población homogénea de semillas de la invención, logrando así el crecimiento del cultivo.

Según se utiliza en este documento, el término "aproximadamente" se refiere a un $\pm 10\%$.

5 Los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "que tiene" y sus conjugados significan "que incluye pero no se limita a".

El término "consiste en" significa "que incluye y se limita a".

10 El término "consiste esencialmente en" significa que la composición, método o estructura puede incluir ingredientes, pasos y/o partes adicionales, pero solo si estos ingredientes, pasos y/o partes adicionales no alteran sustancialmente las características básicas y novedosas de la composición, método o estructura reivindicada.

Según se utiliza en este documento, la forma singular "un", "una" y "el" incluye referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Por ejemplo, el término "un compuesto" o "al menos un compuesto" puede incluir una pluralidad de compuestos, incluyendo 15 mezclas de los mismos.

A lo largo de esta aplicación, varias realizaciones de esta invención pueden presentarse en un formato de rango. Debe entenderse que la descripción en formato de rango es simplemente por conveniencia y brevedad, y no debe interpretarse como una limitación inflexible del alcance de la invención. En consecuencia, la descripción de un rango debe considerarse que ha divulgado 20 específicamente todos los subrangos posibles, así como los valores numéricos individuales dentro de ese rango. Por ejemplo, la descripción de un rango como de 1 a 6 debe considerarse que ha divulgado específicamente subrangos como de 1 a 3, de 1 a 4, de 1 a 5, de 2 a 4, de 2 a 6, de 3 a 6, etc., así como números individuales dentro de ese rango, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Esto se aplica independientemente de la amplitud del rango.

25 Cada vez que se indica un rango numérico aquí, se pretende incluir cualquier número citado (fraccional o integral) dentro del rango indicado. Las frases "variando/varía entre" un primer número indicado y un segundo número indicado y "variando/varía desde" un primer número indicado "hasta" un segundo número indicado se utilizan aquí de manera intercambiable y se entiende que incluyen los primeros y segundos números indicados y todos los números 30 fraccionarios e integrales intermedios.

Según se utiliza en este documento, el término "método" se refiere a maneras, medios, técnicas y procedimientos para llevar a cabo una tarea dada, incluyendo, pero no limitándose a, aquellas maneras, medios, técnicas y procedimientos conocidos o fácilmente desarrollados a partir

de maneras, medios, técnicas y procedimientos conocidos por practicantes de las artes químicas, farmacológicas, biológicas, bioquímicas y médicas.

Se valora que ciertas características de la invención, que se describen, para mayor claridad, en el contexto de distintos modos de realización, también pueden proporcionarse en combinación en un solo modo de realización. De manera inversa, varias características de la invención, que se describen, por brevedad, en el contexto de un solo modo de realización, también pueden proporcionarse por separado o en cualquier subcombinación adecuada o de manera adecuada en cualquier otro modo de realización descrito. Ciertas características descritas en el contexto de varios modos de realización no deben considerarse características esenciales de esos modos de realización, a menos que el modo de realización sea inoperable sin esos elementos.

Varios modos de realización y aspectos de la presente invención, tal como se delinea anteriormente y como se reclama en la sección de reclamaciones a continuación, encuentran respaldo experimental en los siguientes ejemplos.

EJEMPLOS

Se hace referencia ahora a los siguientes ejemplos, que junto con las descripciones anteriores ilustran algunos modos de realización de la invención de manera no limitativa.

En general, la nomenclatura utilizada aquí y los procedimientos de laboratorio empleados en la presente invención incluyen técnicas moleculares, bioquímicas, microbiológicas y de ADN recombinante. Estas técnicas se explican detalladamente en la literatura. Consulte, por ejemplo, "Molecular Cloning: A Laboratory Manual" de Sambrook et al., (1989); "Current Protocols in Molecular Biology" Volumen I-III de Ausubel, R. M., ed. (1994); Ausubel et al., "Current Protocols in Molecular Biology", John Wiley and Sons, Baltimore, Maryland (1989); Perbal, "A Practical Guide to Molecular Cloning", John Wiley & Sons, New York (1988); Watson et al., "Recombinant DNA", Scientific American Books, New York; Birren et al. (eds) "Genome Analysis: (eds) "Genome Analysis: A Laboratory Manual Series", Vols. 1-4, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York (1998); metodologías establecidas en las Patentes de EE. UU. Nros. 4,666,828; 4,683,202; 4,801,531; 5,192,659 y 5,272,057; "Cell Biology: A Laboratory Handbook", Volumen I-III de Cellis, J. E., ed. (1994); "Culture of Animal Cells - A Manual of Basic Technique" de Freshney, Wiley-Liss, N. Y. (1994), tercera edición; "Current Protocols in Immunology" Volumen I-III de Coligan J. E., ed. (1994); Stites et al. (eds), "Basic and Clinical Immunology" (8th Edition), Appleton & Lange, Norwalk, CT (1994); Mishell and Shiigi (eds), "Selected Methods in Cellular Immunology", W. H. Freeman and Co., New York (1980); los ensayos inmunológicos disponibles se describen extensamente en la literatura de patentes y

científica, consulte, por ejemplo, las Patentes de EE. UU. Nros. 3,791,932; 3,839,153; 3,850,752; 3,850,578; 3,853,987; 3,867,517; 3,879,262; 3,901,654; 3,935,074; 3,984,533; 3,996,345; 4,034,074; 4,098,876; 4,879,219; 5,011,771 y 5,281,521; "Oligonucleotide Synthesis" Gait, M. J., ed. (1984); "Nucleic Acid Hybridization" Hames, B. D., y Higgins S. J., eds. (1985);
 5 "Transcription and Translation" Hames, B. D., y Higgins S. J., eds. (1984); "Animal Cell Culture" Freshney, R. I., ed. (1986); "Immobilized Cells and Enzymes" IRL Press, (1986); "A Practical Guide to Molecular Cloning" Perbal, B., (1984) y "Methods in Enzymology" Vol. 1-317, Academic Press; "PCR Protocols: A Guide To Methods And Applications", Academic Press, San Diego, CA (1990); Marshak et al., "Strategies for Protein Purification and Characterization - A
 10 Laboratory Course Manual" CSHL Press (1996); todos los cuales se incorporan por referencia como si se hubieran establecido completamente aquí. Otras referencias generales se proporcionan a lo largo de este documento. Se cree que los procedimientos en ellas descritos son bien conocidos en el arte y se proporcionan para la conveniencia del lector. Toda la información contenida en ellas se incorpora aquí por referencia.

15

Detección de Doble Floración

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de semillas: Muestras de variedades de semillas de Matthiola de la serie Iron; variedades Iron Rose Pink, Iron Blue, Iron Deep Pink, Iron Rose, Iron White, Iron Marine, Iron
 20 Purple, Iron Pink, Iron Apricot, Iron Yellow, Iron Cherry Blossom; serie Quartet; Quartet Blue, Quartet White; serie Centum; Centum Deep Blue, Centum Cream; serie New Kabuki; New Kabuki Dark Lavender, New Kabuki Rose Pink; serie Katz; Katz White, Katz Crimson, Katz Blue; serie Aida; Aida White, Aida Blue; Revolution II White, Cheerful Yellow y Arrow White. Cada
 25 muestra estaba compuesta por 1-4 lotes de semillas diferentes de una variedad específica.

Adquisición y Análisis de Imágenes: Se capturaron miles de semillas de cada muestra utilizando diferentes sensores de imagen. Las semillas fueron sembradas y cultivadas hasta la floración completa, o las plántulas fueron analizadas en muestras de hojas utilizando marcadores
 30 PCR que distinguían entre individuos de floración simple y doble, o fueron analizadas en semillas utilizando marcadores PCR que distinguían entre individuos de floración simple y doble, y los datos fenotípicos se cargaron para entrenar el sistema (Figura 5).

Para cada muestra, las imágenes se dividieron aleatoriamente en tres grupos: entrenamiento (80 %), validación (10 %) y prueba (10 %). Este proceso se repitió 10 veces para cada línea. Se entrenó una red neuronal convolucional utilizando el conjunto de entrenamiento. La red neuronal

entrenada se utilizó para predecir el fenotipo de la semilla para las imágenes de los conjuntos de validación y prueba. Para cada imagen de semilla de estos conjuntos, la red neuronal produce probabilidades de que la semilla pertenezca al grupo entrenado de doble flor o flor simple. Se seleccionó el grupo con la probabilidad más alta. El porcentaje de predicciones correctas para cada grupo se almacenó. Este proceso se repitió 10 veces con divisiones aleatorias diferentes.

RESULTADOS

Utilizando datos obtenidos de diferentes sensores de imagen, se obtuvo la correcta identificación de doble o simple flor de semillas de *Matthiola* de diferentes variedades que representan diferentes colores de flores.

Para Centum Deep Blue, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,45 a 0,73. Para Centum Cream, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,47 a 0,93. Para Aida White, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,49 a 0,94. Para Aida Blue, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,59 a 0,93. Para Katz White, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,59 a 0,90, para Katz Crimson, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,50 a 0,90. Para Quartet White, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,57 a 0,95. Para Quartet Blue, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,53 a 0,95. Para Revolution II White, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,96 a 0,99. Para New Kabuki Rose Pink, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,54 a 0,85. Para New Kabuki Dark Lavender, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,50 a 0,85.

Al utilizar la plataforma de clasificación Seed-X para la adquisición de imágenes y la fenotipificación de la floración o marcadores PCR para validar los fenotipos, se desarrolló un conjunto de clasificadores y se seleccionó el mejor clasificador para cada variedad. El Clasificador A se utilizó para clasificar Iron Yellow, y la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,55 a 0,93. El Clasificador B se utilizó para Iron Pink, y la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,55 a 0,94. Para Iron Rose, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,50 a 0,93. El Clasificador C se utilizó para clasificar Iron White, y la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,52 a 0,92; el Clasificador D se utilizó para clasificar Iron Deep Pink, y la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,54 a 0,92. El Clasificador E se utilizó para clasificar Iron Purple, y la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,52 a 0,92. Para Iron Blue, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,53 a 0,86. El Clasificador F se utilizó para clasificar Iron Cherry Blossom, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,60 a 0,99. El Clasificador G se utilizó para clasificar Iron Marine, la identificación correcta de doble flor mejoró de 0,47 a 0,94.

Los clasificadores desarrollados para Iron White y para Iron Marine se utilizaron para clasificar respectivamente uno y dos lotes de semillas de cada variedad. Las semillas clasificadas

se cultivaron como plántulas en un vivero especializado, sin ninguna selección, y se trasplantaron en el campo en un cultivador especializado. No se realizó ninguna selección durante todo el ciclo del cultivo. Para Iron White, Lote 56027-D3; se cultivaron 2.300 plantas, de las cuales el 6.22% (143) fueron clasificadas como de floración simple y el 93.78% (2,157) fueron clasificadas como de floración doble. Para Iron Marine, Lote D1 (en el cual se desarrolló el Clasificador); se cultivaron 871 plantas, de las cuales el 5,86% (51) fueron clasificadas como de floración simple y el 94,14% (820) fueron clasificadas como de floración doble. Para el Lote D2 (un lote diferente al lote en el cual se desarrolló el clasificador); se cultivaron 591 plantas, de las cuales el 5,58% (33) fueron clasificadas como de floración simple y el 94,42% (558) fueron clasificadas como de floración doble.

En otro experimento, se tomaron dos lotes de semillas de Matthiola Iron White. El entrenamiento se realizó en el primer lote, mientras que la predicción se llevó a cabo en el segundo lote. La identificación correcta de doble flor mejoró de 0,50 a 0,90.

Los resultados de los experimentos realizados en las variedades Iron se resumen en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1 - Fenotipo de Floración

Variedad	Identificación del Lote de Semillas	% de Doble Flor Original en Semillas No Seleccionadas basado en Marcadores PCR	Clasificador	N.º Total de Plantas	N.º de Plantas de Floración Simple	% de Plantas	N.º de Plantas de Floración Doble	% de Floración Doble
Iron Marine	10525	56,3%	E	321	25	7,8%	296	92,2%
Iron Yellow	10552	55,2%	A	407	29	7,1%	378	92,9%
Iron Blue	10487	52,7%	E	475	66	13,9%	409	86,1%

5

Tabla 2 - Fenotipado de Semillas, mediante Marcadores PCR

Variedad	Identificación del Lote de Semillas	% de Doble Flor Original en Semillas No Seleccionadas basado en Marcadores PCR	Clasificador	N.º Total de Semillas	N.º de Semillas de Floración Simple	% de Semillas	N.º de Plantas de Floración Doble	% de Semillas de Floración Doble
Iron White	10518	52,0%	C	382	31	8,1%	351	91,9%
Iron White	11128	55,9%	H	256	28	10,9%	228	89,1%
Iron Yellow	10552	55,2%	B	369	41	11,1%	328	88,9%
Iron Cherry Blossom	11124	59,6%	F	347	2	0,6%	345	99,4%
Iron Cherry Blossom	11126	62,5%	F	344	4	1,2%	340	98,8%
Iron Pink	10536	55,3%	B	333	21	6,3%	312	93,7%
Iron Deep Pink	10509	54,0%	D	334	26	7,8%	307	92,2%
Iron Rose	10513	50,0%	B	367	26	7,1%	341	92,9%
Iron Marine	11129	47,-%	G	169	10	5,9%	159	94,1%
Iron Purple	11136	51,9%	E	179	14	7,8%	165	92,2%
Iron Blue	10487	52,7%	E	367	59	16,1%	308	83,9%
Iron Rose Pink	10482	54,1%	I	384	53	13,8%	331	86,2%

Aunque la invención se ha descrito en conjunto con sus formas específicas de realización, es evidente que muchos alternativas, modificaciones y variaciones serán aparentes para aquellos expertos en la materia. Por lo tanto, se pretende abarcar todas esas alternativas, modificaciones y variaciones que caen dentro del espíritu y alcance amplio de las reivindicaciones adjuntas.

Es la intención del o los solicitantes que todas las publicaciones, patentes y solicitudes de patente referidas en esta especificación se incorporen en su totalidad por referencia en la especificación, como si cada publicación, patente o solicitud de patente individual se hubiera señalado específica e individualmente cuando se hizo referencia, y que se incorpore aquí por referencia. Además, la citación o identificación de cualquier referencia en esta solicitud no se interpretará como un reconocimiento de que dicha referencia está disponible como arte previo a la presente invención. En la medida en que se utilicen encabezados de sección, no deben interpretarse necesariamente como limitantes.

Además, cualquier documento(s) de prioridad de esta solicitud se incorpora(n) aquí por referencia en su totalidad.