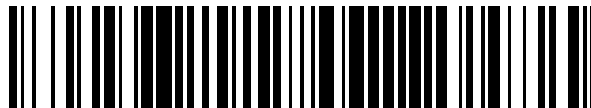


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 817**

51 Int. Cl.:

**A01G 7/00** (2006.01)

**G01B 11/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2006 E 06254003 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 1777486**

54 Título: **Sistema sensor, método y producto de programa informático para la medición del fenotipo de plantas en entornos agrícolas**

30 Prioridad:

**01.08.2005 US 704412 P**

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

**04.11.2013**

73 Titular/es:

**PIONEER-HI-BRED INTERNATIONAL, INC.  
(100.0%)  
7100 N.W. 62ND AVENUE P.O. BOX 1014  
JOHNSTON, IA 50131-1014, US**

72 Inventor/es:

**SPICER, MARK W.;  
RUCKELSHAUSEN, ARNO;  
DZINAJ, TIMUR M. y  
LINZ, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 427 817 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema sensor, método y producto de programa informático para la medición del fenotipo de plantas en entornos agrícolas

**Referencia cruzada a Solicitud relacionada**

- 5 Esta Solicitud reivindica el derecho de la Solicitud Provisional de los EE.UU. Nº 60/704.412, presentada el 1 de agosto de 2005.

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a dispositivos sensores configurados para detectar y medir características y dimensiones de plantas en un entorno agrícola. Más particularmente, el dispositivo sensor, método y producto de programa informático de la presente invención hacen posible la medición de manera instantánea, o en tiempo real, de características de plantas, incluyendo, aunque sin limitarse a: el perfil de la planta, el tamaño de la hoja, la configuración de la hoja, la altura, la configuración del tallo, la firma espectral así como otras características que pueden ser utilizadas para identificar una planta de interés y/o indicar la viabilidad o el estado fisiológico de una planta concreta de interés. Realizaciones de la presente invención pueden también permitir la identificación precisa de variedades de planta seleccionadas de interés en un entorno agrícola, de tal manera que las malas hierbas, la tierra, polvo y/o especies de plantas invasoras pueden ser diferenciados con precisión de las plantas seleccionadas de interés.

**Antecedentes de la invención**

Los agricultores y los investigadores agrícolas han venido, durante muchos años, desarrollando diversas herramientas, dispositivos y métodos para identificar y controlar las malas hierbas nativas, las especies de plantas invasoras y/u otras plantas que pueden obstaculizar o interferir en el crecimiento o la recogida de una cosecha (tal como de maíz) en un terreno agrícola. Ha habido también interés en medir con precisión y realizar un seguimiento de la expresión de la genética que se manifiesta como rasgos físicos (o fenotipos) de las plantas que se han venido cultivando, en aras de su uniformidad, capacidad de producción, incremento de la biomasa y otros rasgos físicos cuantificables. La medición y/o la identificación precisas de fenotipos de plantas en un entorno agrícola es crucial a la hora de procurar los cimientos para nuevos métodos agrícolas tales como, por ejemplo, el control automatizado de las malas hierbas, el seguimiento de la expresión del fenotipo in vivo y otras técnicas agrícolas automatizadas.

Por otra parte, algunas investigaciones han estado dirigidas al control de las malas hierbas mediante el uso de medios físicos automatizados, sin tener que utilizar productos químicos y/o agentes herbicidas. Sin embargo, tales medios físicos automatizados para controlar las malas hierbas requieren la identificación y clasificación precisas de plantas de cosecha y de plantas de maleza o malas hierbas que han de constituir un objetivo de la actividad de control de las malas hierbas. Se han propuesto algunos sistemas sensores para obtener imágenes de especies vegetales de utilidad utilizando cámaras espectrales, ya sea por sí solas o en combinación con firmas geométricas obtenidas de dispositivos de cámara alternativos. Otros sistemas propuestos se sirven de cámaras 3D, o en tres dimensiones, de alta resolución para la obtención de imágenes de plantas sobre el terreno. Sin embargo, estas soluciones no resultan prácticas debido a la ausencia de disponibilidad en el mercado de sistemas de cámaras de alta resolución y fiables que puedan soportar los rigores del uso en un entorno agrícola de trabajo. Se han desarrollado cortinas de luz industriales que se utilizan de forma generalizada en entornos industriales, proporcionando conjuntos geoméricamente ordenados de emisores para la emisión de haces de luz hacia unos elementos receptores correspondientes que rodean el equipo industrial, que pueden ser peligrosos cuando están funcionando. Durante el uso, estos sistemas cortan automáticamente el suministro de potencia al equipo industrial por seguridad cuando los haces de luz son interrumpidos por un objeto interpuesto. Si bien tales cortinas de luz son duraderas y pueden resultar adecuadas para recoger el perfil lateral e información de altura de una planta, aún no han sido utilizadas satisfactoriamente en combinación con un dispositivo informático para generar conjuntos de datos de imágenes y de características de plantas complejos, con el fin de identificar y clasificar plantas de cosecha tales como el maíz. Por otra parte, la tecnología de cortina de luz no ha sido integrada satisfactoriamente con la tecnología de obtención de imágenes espectrales con el fin de formar un conjunto de sensores duradero y fiable, provisto de un dispositivo informático capaz de proporcionar un conjunto de datos de características de una planta que tiene suficiente detalle y precisión para identificar plantas de interés y diferenciar tales plantas de interés de malas hierbas nativas o de otras plantas. Por otra parte, no se han recogido datos característicos de plantas obtenidos de fuentes de datos redundantes (tales como múltiples cortinas de luz y cámaras suplementarias, sensores de distancia, sensores de posición) en un entorno de trabajo agrícola, ni se han integrado para permitir la detección, identificación y catalogación automatizadas de plantas de interés, tales como plantas de maíz que son cultivadas en un campo.

55 De esta forma, con el fin de facilitar un sistema económico, fiable y seguro para automatizar la recogida de datos de planta fenotípicos para propósitos de investigación y/o para la diferenciación de una cosecha frente a las malas hierbas, existe en la técnica la necesidad de un sistema sensor, un método y un producto de programa informático que haga posible la recogida de datos de características (fenotípicas) de plantas desde un cierto número de

sensores y/o dispositivos de medición, así como de un sistema que integre de manera efectiva tales datos en un conjunto de datos exhaustivos de características de plantas. Por otra parte, existe la necesidad de un conjunto de sensores que sea susceptible de hacerse funcionar de un modo fiable en una variedad de entornos agrícolas que pueden estar oscurecidos por polvo, humedad, luz del sol brillante, sometidos a temperaturas extremas. Por otro lado, existe en la técnica la necesidad de un conjunto de sensores con una elevada capacidad de procesamiento y que sea capaz de explorar o barrer un gran número de plantas conforme el conjunto se hace avanzar a lo largo de una fila de plantas que se están cultivando en un entorno agrícola. Existe, de manera adicional, la necesidad de un sistema y/o un método para realizar una exploración de plantas que pueden ser cultivadas en un invernadero y/o, en una operación de laboratorio, en macetas, bandejas u otros recipientes que pueden ser transportados hacia y desde sensores de exploración fijados en una posición estática.

El documento JP 2002-101770 divulga un sistema para la medición de una característica física.

El documento DE 42 20913 divulga un dispositivo de invención de plantas móvil.

El documento WO 93/13491 divulga una disposición para el control de calidad óptico de plantas, que utiliza una única fuente de luz y una cámara para medir la altura de plantas, y una cámara en color para la obtención de datos de clasificación.

### Sumario de la invención

La presente invención proporciona un sistema para medir características físicas de una planta en un entorno agrícola, de tal modo que el sistema comprende: un conjunto de sensores que incluye una pluralidad de emisores y una pluralidad correspondiente de receptores, dispuestos de forma sustancialmente opuesta y paralelos a dicha pluralidad de emisores con el fin de recibir una pluralidad de señales emitidas por dichos emisores, de tal modo que dichos receptores y dichos emisores pueden ser colocados en lados opuestos de la planta; de tal manera que dichos emisores emiten una pluralidad de señales tal, que una porción de la planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales; y que comprende adicionalmente: un dispositivo informático en combinación con dicho conjunto de sensores para detectar la recepción de las señales por dichos receptores; y en el cual dicho dispositivo informático está configurado para recibir un conjunto de datos del perfil de la planta, generados por dicha pluralidad de receptores que comprende una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a la porción de la pluralidad de señales oscurecida por la planta; de tal modo que dicho dispositivo informático se ha configurado para generar un conjunto de datos de características de planta que contiene datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde dicha pluralidad de receptores, de tal modo que el conjunto de datos de características de la planta puede ser utilizado para medir las características físicas de la planta; un dispositivo multiespectral que comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes acoplados operativamente con una porción superior de dicho conjunto de sensores con el fin de captar una imagen multiespectral de la planta desde una posición por encima de la planta, al objeto de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes, y en el que dicho dispositivo informático está en comunicación con dicho dispositivo multiespectral para recibir la imagen de la cámara y acrecentar las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, a fin de generar con ello la imagen multiespectral de la planta, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta.

La presente invención proporciona un método para medir características físicas de una planta en un entorno agrícola, de tal modo que el método comprende: proporcionar un conjunto de sensores que incluye una pluralidad de emisores y una pluralidad correspondiente de receptores, dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a dicha pluralidad de señales emitidas por dichos emisores; situar dicho conjunto de sensores en relación con la planta de una manera tal, que dichos receptores y dichos emisores se colocan en lados opuestos de la planta; emitir la pluralidad de señales desde dichos emisores de tal manera que una porción de la planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales; recibir una porción de la pluralidad de señales en dichos receptores; proporcionar un dispositivo informático en comunicación con dicho conjunto de sensores de perfil; de tal modo que, debido a dicha recepción, dichos receptores generan un conjunto de datos de perfil de planta que comprenden una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta; y generar un conjunto de datos de características de planta que contienen datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en datos del perfil de la planta recibidos de dicha pluralidad de receptores, de tal manera que el conjunto de datos de características de la planta pueden ser utilizados para medir las características físicas de la planta, y dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un dispositivo multiespectral que comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes, de tal modo que el método comprende, adicionalmente: captar una imagen multiespectral de las plantas utilizando la cámara y el espectrógrafo de obtención de imágenes, desde una posición por encima de la planta, a fin de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes al recibir la imagen de la cámara y acrecentar las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, al objeto de generar, con ello, la imagen multiespectral de la planta; y añadir la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta.

La presente invención proporciona un producto de programa informático para controlar un dispositivo informático en comunicación con un conjunto de sensores que comprende una pluralidad de emisores y una pluralidad correspondiente de receptores, dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a dichos emisores para la recepción de una pluralidad de señales emitidas por dichos emisores, con el fin de determinar características físicas de una planta en un entorno agrícola, de tal modo que una porción de una planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales, comprendiendo adicionalmente dicho conjunto de sensores un dispositivo multiespectral que comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes, de tal manera que el producto de programa informático comprende un medio de almacenamiento legible por computadora y que tiene, almacenadas en él, instrucciones de código de programa legibles por computadora que comprenden: un primer conjunto de instrucciones informáticas para recibir una porción de la pluralidad de señales en dichos receptores de un modo tal, que dichos receptores generan un conjunto de datos de perfil de planta que comprenden una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta; un segundo conjunto de instrucciones informáticas para generar un conjunto de datos de características de planta que contienen datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos de perfil de planta recibidos desde dicha pluralidad de receptores, de tal manera que el conjunto de datos de características de la planta pueden ser utilizados para medir las características físicas de la planta; un undécimo conjunto de instrucciones informáticas para captar una imagen multiespectral de las plantas utilizando la cámara y el espectrógrafo de obtención de imágenes con el fin de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes, al recibir la imagen de la cámara y acrecentar las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, a fin de generar, con ello, la imagen multiespectral de la planta; y un duodécimo conjunto de instrucciones informáticas para añadir la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta.

Las realizaciones de la presente invención satisfacen las necesidades anteriormente referidas y proporcionan otras ventajas según se describen más adelante. Realizaciones de la presente invención pueden incluir un sistema para medir características físicas de plantas situadas dentro de una hilera o fila, o bien plantadas de alguna forma lineal, de tal manera que cada planta de la fila define un eje de tallo que se extiende de forma sustancialmente vertical desde el eje del tallo, en un entorno agrícola. En algunas realizaciones, el sistema comprende un conjunto de sensores que incluye una pluralidad de emisores y una pluralidad de receptores, dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a los emisores para recibir una pluralidad de señales, de tal modo que los receptores y los emisores correspondientes pueden ser colocados en lados opuestos de la fila, y un dispositivo informático en comunicación con dicho conjunto de sensores para controlar la emisión y/o la recepción de las señales por los emisores y/o los receptores, respectivamente. Por otra parte, de acuerdo con algunas realizaciones, los emisores emiten señales de tal modo que una porción de una planta de la fila oscurece al menos una porción de una pluralidad de señales y el dispositivo informático recibe un conjunto de datos del perfil de la planta, generados por los receptores. Los emisores pueden, en algunas realizaciones, emitir pasivamente señales o, en otras realizaciones, ser controlados por el dispositivo informático con el fin de emitir las señales. El conjunto de datos del perfil de la planta puede comprender una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal ininterrumpida recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a la porción de la pluralidad de señales oscurecida y/o interrumpida por la planta. Por otra parte, de acuerdo con algunas realizaciones de sistema, el dispositivo informático genera un conjunto de datos de características de planta que contiene datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde los receptores, de tal manera que el conjunto de datos de características de la planta puede ser utilizado para: medir las características físicas de las plantas situadas dentro de la fila; contar un número de una pluralidad de plantas dentro de la fila; y/o determinar una densidad y/o frecuencia de una planta concreta de interés situada dentro de un área o fila de cultivo dada.

De acuerdo con algunas realizaciones, el conjunto de sensores de la presente invención comprende, de manera adicional, al menos un elemento de entre: una cortina de luz industrial, una pluralidad de fotodiodos, sustancialmente alineados con una pluralidad correspondiente de sensores ópticos, y combinaciones de los mismos. Por otra parte, el sistema de la presente invención puede comprender, de manera adicional, un carro provisto de ruedas u otro dispositivo de carro para hacer avanzar el conjunto de sensores a lo largo de la fila, de tal modo que el dispositivo informático puede controlar, de manera adicional, los emisores para que emitan repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada para generar un perfil bidimensional de la planta mediante la compilación de datos del perfil de la planta generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila. Además, diversas realizaciones de sistema de la presente invención pueden comprender otros componentes para generar datos de planta físicos que pueden ser añadidos al conjunto de datos de características de la planta por el dispositivo informático. Por ejemplo, realizaciones de sistema de la presente invención pueden, adicionalmente, comprender componentes que incluyen, aunque sin estar limitados por estos: sensores de distancia para ubicar la posición del tallo de la planta y la altura de la planta; sensores multiespectrales o sistemas de formación de imágenes tales como un dispositivo multiespectral, un espectrógrafo y/o un espectrómetro para captar imágenes multiespectrales de la planta; un codificador de corona, acoplado operativamente a un eje mecánico de las ruedas del carro para transmitir datos de la posición de la planta y de la posición del sensor dentro de una posición de la fila, al dispositivo informático; y un dispositivo de sistema de localización global destinado a determinar una posición geográfica de la planta.

De acuerdo con algunas realizaciones de sistema de la presente invención, el sistema comprende, de manera adicional, un dispositivo de memoria en comunicación con el dispositivo informático para almacenar el conjunto de datos de características de planta perteneciente a una planta conocida de interés. De esta forma, en algunas realizaciones de sistema, el dispositivo informático puede, adicionalmente, identificar y contar la planta al comparar el conjunto de datos de características de la planta generados con el conjunto de datos de características de planta almacenados que pertenecen a la planta conocida de interés.

Las realizaciones de la presente invención también proporcionan un método y un producto de programa informático para medir características físicas de cada planta situada dentro de una fila y/o contarla, definiendo, en algunos casos, un eje de la fila de tal manera que cada planta de la fila define un eje de tallo que se extiende sustancialmente en vertical desde el eje de la fila, en un entorno agrícola. De acuerdo con algunas realizaciones, el método comprende, en primer lugar, proporcionar un conjunto de sensores que incluye una pluralidad de emisores y una pluralidad correspondiente de receptores, dispuestos sustancialmente opuestos a los emisores para recibir una pluralidad de señales emitidas por ellos, así como un dispositivo informático en comunicación con dicho conjunto de sensores de perfil. Las realizaciones de método y/o de producto de programa informático de la presente invención pueden también comprender situar el conjunto de sensores con respecto a la fila de plantas de un modo tal, que los receptores y los emisores se colocan en lados opuestos de la fila, emitiéndose la pluralidad de señales desde los emisores de tal manera que una porción de una planta de la fila oscurece al menos una porción de las señales, y recibiendo una porción de la pluralidad de señales en los receptores de un modo tal, que los receptores generan un conjunto de datos del perfil de la planta que comprenden una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta. Por último, Las realizaciones de método y/o de producto de programa informático de la presente invención pueden también comprender generar un conjunto de datos de características de planta que contienen datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde los receptores, de tal manera que el conjunto de datos de características de planta pueden ser utilizados para medir las características físicas de las plantas.

Algunas realizaciones de método y de producto de programa informático de la presente invención comprenden, de manera adicional, hacer avanzar el conjunto de sensores a lo largo del eje de fila, de tal manera que la etapa de emisión comprende adicionalmente emitir repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada, y de tal modo que la etapa de generación comprende adicionalmente generar un perfil bidimensional de la planta al compilar el conjunto de datos del perfil de la planta generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila. El método y/o el producto de programa informático pueden también comprender, de manera adicional, en algunas realizaciones, generar una imagen binaria basándose en el conjunto de datos de características de la planta, presentar visualmente la imagen binaria a un usuario a través de una interfaz de usuario, y añadir la imagen binaria al conjunto de datos de características de la planta.

Las realizaciones de método y de producto de programa informático de la presente invención pueden también comprender la recogida de una variedad de tipos de datos de características de planta destinados a ser añadidos al conjunto de datos de características de planta que pueden ser almacenados en un dispositivo de memoria y utilizados para caracterizar y/o contar una planta de interés seleccionada, de tal modo que el dispositivo informático puede, tras ello, utilizar los datos de características de planta almacenados para identificar una planta que está siendo cultivada en el entorno agrícola. Por ejemplo, algunas realizaciones de método y/o de producto de programa informático comprenden, de manera adicional: ubicar una posición del eje del tallo con respecto al conjunto de sensores utilizando un sensor de distancia; captar una imagen multiespectral de las plantas con el fin de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes; transmitir un conjunto de datos de posición desde un codificador de corona (acoplado operativamente con un carro provisto de ruedas con el fin de hacer avanzar el conjunto de sensores) al objeto de determinar una distancia a lo largo de la fila de plantas; y/o determinar la posición de la planta utilizando un sistema de localización global.

De esta forma, las diversas realizaciones de dispositivo, de método y de producto de programa informático de la presente invención proporcionan muchas ventajas que pueden incluir, si bien no se limitan a estas: proporcionar un conjunto de sensores para compilar un conjunto de datos de características de planta, que pueden funcionar de manera rápida y efectiva para generar datos de características de planta en entornos de trabajo agrícolas, proporcionar una matriz o conjunto geoméricamente ordenado de sensores que comprende una pluralidad de sensores y/o dispositivos de formación de imágenes de coste relativamente bajo y duraderos, y permitir el almacenamiento de conjuntos de datos de características de planta que pueden ser utilizados para identificar, contar, clasificar y ubicar plantas de interés dentro de un entorno de trabajo agrícola. Algunas realizaciones de sistema, método y producto de programa informático de la presente invención proporcionan la ventaja añadida de hacer posible que tipos de plantas seleccionados sean rápidamente comparados con datos de perfiles de plantas almacenados para la identificación de manera instantánea o en tiempo real y la ubicación precisa de plantas dentro de un terreno agrícola comercial o para la investigación, de tal manera que las plantas que tienen los fenotipos seleccionados pueden ser registradas en su posición de manera precisa.

Estas ventajas y otras que resultarán evidentes para los expertos de la técnica, se proporcionan en el sistema, el método y el producto de programa informático de la presente invención.

**Breve descripción de los dibujos**

Habiendo descrito de este modo la invención en términos generales, se hará referencia a continuación a los dibujos que se acompañan, que no están trazados, necesariamente, a escala y en los cuales:

- 5 La Figura 1 muestra una vista en perspectiva del sistema de acuerdo con una realización de la presente invención, en el cual el conjunto de sensores está situado en torno a una hilera o fila de plantas;
- La Figura 2 muestran una vista en planta superior del conjunto de sensores, situado en relación con una fila de plantas de acuerdo con una realización de sistema de la presente invención;
- 10 La Figura 3 muestra una vista en planta superior de un conjunto de sensores de acuerdo con una realización de la presente invención, que incluye múltiples conjuntos geoméricamente ordenados de emisores y receptores, sensores de distancia, un dispositivo multiespectral y tipos de sensores adicionales para medir características de plantas;
- La Figura 4 muestra una imagen proporcionada a modo de ejemplo de un perfil de planta que puede ser generado de acuerdo con algunas realizaciones del conjunto de sensores de la presente invención;
- 15 La Figura 5 muestra una imagen proporcionada a modo de ejemplo de una vista en planta superior de una planta (y espectrógrafos asociados) que puede ser generada por una cámara espectral situada generalmente por encima de una planta de acuerdo con algunas realizaciones del conjunto de sensores de la presente invención;
- La Figura 6A muestra una imagen de cámara proporcionada a modo de ejemplo, generada por el componente de cámara del dispositivo multiespectral del sistema de la presente invención;
- La Figura 6B muestra un ejemplo de una imagen de cámara generada por el dispositivo multiespectral de un sistema de la presente invención, en el que la imagen ha sido optimizada utilizando datos espectrográficos;
- 20 La Figura 6C muestra un ejemplo de una representación gráfica de datos espectrográficos para materia de planta rodeada por un sustrato de tierra, según es generada por el componente espectrográfico de un dispositivo multiespectral incluido en algunas realizaciones de sistema de la presente invención;
- La Figura 7A muestra un perfil de planta y un perfil visto en planta superior, proporcionados a modo de ejemplo, de una planta de maíz típica;
- 25 La Figura 7B muestra un perfil de planta y un perfil visto en planta superior, proporcionados a modo de ejemplo, de una planta de maleza o mala hierba típica;
- La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta utilizando un conjunto de sensores situado en torno a una fila de plantas;
- 30 La Figura 9 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta y generar una imagen binaria de una planta utilizando el conjunto de datos de características de planta;
- La Figura 10 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende adicionalmente hacer avanzar un conjunto de sensores a lo largo de una fila de plantas con el fin de generar y presentar visualmente un perfil de planta bidimensional a un usuario;
- 35 La Figura 11 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta que comprende una ubicación de una posición de un eje del tallo de una planta;
- La Figura 12 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta que comprende una imagen multiespectral de una planta;
- 40 La Figura 13 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de una planta que comprende una posición de hilera o fila de una planta según es transmitida por un dispositivo codificador de corona acoplado operativamente con el conjunto de sensores;
- 45 La Figura 14 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta que comprende un conjunto de coordenadas de GPS correspondientes a la ubicación de una planta;
- La Figura 15 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende generar un conjunto de datos de características de planta para una planta de interés, y almacenar el conjunto de datos de características de planta en un dispositivo de memoria; y
- 50

La Figura 16 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, que comprende adicionalmente identificar una planta comparando un conjunto de datos de características de planta generados con un conjunto de datos de características de planta almacenados, correspondientes a una planta seleccionada de interés.

## 5 Descripción detallada de la invención

La presente invención se describirá ahora más exhaustivamente, en lo que sigue de la presente memoria, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales se muestran algunas de las realizaciones de la invención, pero no todas. Ciertamente, esta invención puede materializarse de muchas formas diferentes y no se ha de ser interpretada como limitada a las realizaciones expuestas en esta memoria; en lugar de ello, estas realizaciones se han proporcionado con la intención de que esta divulgación satisfaga los requisitos legales aplicables. Los mismos números se refieren a elementos similares a lo largo de toda ella.

Si bien las realizaciones de la presente invención se describen en lo que sigue en el contexto de un entorno agrícola para el cultivo de plantas de maíz en hileras o filas que definen ejes de fila, debe entenderse que las realizaciones de la presente invención pueden ser también utilizadas para medir las características físicas de otros diversos tipos de plantas, que pueden ser cultivados en una variedad de configuraciones y entornos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el conjunto de sensores 100 de la presente invención puede ser emplazado estáticamente en un invernadero y/o un laboratorio de un modo tal, que pueden transportarse plantas cultivadas en macetas y/o en recipientes hasta una posición con respecto al conjunto de sensores 100 tal, que las plantas 10 pueden ser exploradas y/o medidas utilizando las realizaciones de la presente invención. Además de ello, un experto de la técnica apreciará que los métodos y productos de programa informático de la presente invención pueden también ser utilizados para caracterizar, identificar, catalogar y medir rasgos fenotípicos de una variedad de plantas diferentes que pueden incluir una variedad de plantas de cosecha, malas hierbas o maleza, plantas nativas, especies de plantas invasoras y/u otros objetos presentes en un entorno agrícola que pueden tener un perfil mensurable cuando se exponen a un conjunto de sensores de la presente invención.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva de un conjunto de sensores 100 que puede haberse proporcionado formando parte de un sistema para medir características físicas de plantas 10 dentro de una hilera o fila que generalmente define un eje 20 de la fila, de tal manera que cada planta 10 de la fila define un eje 30 de tallo que se extiende sustancialmente en vertical desde el eje 20 de fila, en un entorno agrícola tal como, por ejemplo, un campo, un invernadero, un terreno para investigación y/u otro entorno de cultivo. De acuerdo con una realización, el sistema comprende un conjunto de sensores 100 que incluye una pluralidad de emisores 110a, dispuestos en un conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110, y una pluralidad de receptores 110b, dispuestos en un conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 y dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos al conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110. El conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 puede, de esta forma, estar colocado y configurado para recibir una pluralidad de señales emitidas por los emisores 110a. Como se muestra en la Figura 1, el conjunto de sensores 100 puede ser emplazado con respecto al eje 20 de la fila de tal modo que el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 y el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 pueden quedar alienados y situados en lados opuestos de la fila de plantas 10. Si bien la Figura 1 muestra generalmente el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 y el conjunto geoméricamente ordenado complementario de receptores 120 extendiéndose sustancialmente paralelos al eje 30 de tallo, el conjunto de sensores 100 puede también ser colocado en diversas posiciones angulares con respecto, bien al eje 30 de tallo o bien al eje 20 de fila, de tal manera que los conjuntos geoméricamente ordenados de emisores y de receptores, 110, 120, pueden ser utilizados para captar datos relativos a diversas porciones de las plantas 10 u otras características o propiedades del entorno agrícola, incluyendo la topografía, residuos de gran tamaño u otras propiedades que pueden ser medidas y/o utilizadas para bloquear las señales emitidas por el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110.

El conjunto de sensores 100 puede comprender, en algunas realizaciones, un aparato de cortina de luz industrial, tal como, por ejemplo, el Konturflex LUMiflex K-5-320, de la Leuze Electronic. Tales dispositivos de cortina de luz pueden haberse configurado para emitir señales ópticas desde el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110, que pueden ser recibidas por un conjunto geoméricamente ordenado de receptores complementarios 120 que está alineado con ellos de manera tal, que los emisores individuales 110a están alineados de forma precisa con los receptores individuales complementarios 120a dispuestos dentro del conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120. De acuerdo con otras realizaciones, el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 puede también comprender una pluralidad de fotodiodos que sirven como emisores individuales 110a dentro del conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110. En tales realizaciones, los receptores 120a pueden comprender fotodetectores individuales configurados para detectar señales emitidas por fotodiodos complementarios. Además, de acuerdo con algunas realizaciones, tales como la que se ha mostrado generalmente en la Figura 3 (que muestra una vista en planta superior del conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100), el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 puede comprender varios pares complementarios de conjuntos geoméricamente ordenados de emisores 110 y conjuntos geoméricamente ordenados de receptores 120, dispuestos en diversos ángulos con respecto al eje 20 de fila, de tal modo que el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 puede generar una imagen del perfil de las plantas individuales 10 de la fila, que tiene en cuenta la orientación

estadística de la planta individual 10. En algunas realizaciones, pueden también intercalarse múltiples conjuntos geoméricamente ordenados de emisores 110 y conjuntos geoméricamente ordenados de receptores 120 complementarios, de tal modo que, para unos lados izquierdo y derecho dados del conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100, el lado izquierdo comprenderá, en una configuración alterna, un conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110, un conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120, un conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110, y el lado derecho comprenderá, por lo tanto, un conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120, un conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110, un conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120, etc., complementarios.

En algunas realizaciones, pueden utilizarse múltiples pares 110, 120 de conjuntos geoméricamente ordenados para propósitos que incluyen, aunque no se limitan a estos: captar una vista / ángulo diferente de la planta; captar imágenes redundantes de una planta 10 con el fin de clarificar las imágenes generadas en un entorno polvoriento y/o de otro modo oscurecido; y/o proporcionar diferentes capacidades de detección basándose en la longitud de onda o en la resolución de pares de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 particulares. En algunas realizaciones, existen dos pares de conjuntos geoméricamente ordenados diferentes que tienen diferentes cantidades y separaciones de emisores 110a y receptores 120a. Por ejemplo, uno de los pares de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 pueden comprender un sensor de "alta resolución" que define 50 haces con 5 milímetros de separación vertical entre los haces, y un segundo par de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 puede proporcionar una resolución inferior con 10 milímetros de separación vertical entre los haces. Cada par de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 puede proporcionar ventajas basándose en las características de planta que se están midiendo. En algunos casos, se prefiere el par de conjuntos geoméricamente ordenados de baja resolución puesto que existe un menor ruido generado. Además, pueden utilizarse uno o más pares de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 suplementarios con haces de mayor intensidad o de una longitud de onda diferente con el fin de proporcionar una filtración adicional del ruido o de secciones de planta irrelevantes.

Como se describe con mayor detalle más adelante, el dispositivo informático 120 de la presente invención puede entonces recibir conjuntos de datos desde los diversos conjuntos geoméricamente ordenados de receptores 120 y generar una imagen de perfil exhaustiva de la planta 10 que puede incluir datos procedentes de diversos conjuntos geoméricamente ordenados de receptores 120 que pueden estar dispuestos en diversas posiciones dentro del conjunto de sensores 100, tal como se muestra generalmente en la Figura 3.

Como se muestra en la Figura 1, las realizaciones de sistema de la presente invención pueden también comprender un dispositivo informático 200 en comunicación con el conjunto de sensores 100 para controlar la emisión y la recepción de señales por parte de los emisores 110a y los receptores 120a. El dispositivo informático 200 puede haberse configurado para ser capaz de controlar los emisores 110a para que emitan una pluralidad de señales de un modo tal, que una porción de una planta 10 (tal como una hoja, vástago, tallo, flor y/u otra estructura de la planta) de la fila oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales. De acuerdo con algunas realizaciones, los emisores 110a pueden ser emisores pasivos (es decir, siempre "activos" y/o siempre "emitiendo una señal"), de manera que el dispositivo informático 200 puede ser capaz de leer, en un instante dado, el estado de las señales (o de los haces formados por ellas) que son interrumpidas por una obstrucción (tal como una planta 10, o una porción de la misma). Además, el dispositivo informático 200 puede también ser capaz de recibir un conjunto de datos de perfil generados por los receptores 120a en respuesta a la recepción (o a la falta de ella) de la pluralidad de señales. El conjunto de datos de perfil recibidos desde los receptores 120a puede comprender una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a la porción de la pluralidad de señales oscurecida por la planta 10 (y, correspondientemente, no recibida por los receptores 120a). Por ejemplo, en una realización, las combinaciones de "haces interrumpidos" (o señales luminosas obstruidas) pueden ser leídas como una salida binaria desde el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120, de tal modo que un "1" binario es una señal continua, o recibida, y un "0" binario es un haz interrumpido o señal oscurecida. En algunas realizaciones, pueden también invertirse las definiciones binarias de haces y/o señales interrumpidos y continuos. Además, en respuesta al conjunto de datos recibido desde los receptores 120a, el dispositivo informático 200 puede generar un conjunto de datos de características de plantas que comprende al menos el conjunto de datos de perfil de planta (el cual puede comprender, por ejemplo, una cadena binaria (es decir, 0010100101)), que puede ser integrado con datos recibidos desde una pluralidad de sensores diferentes, de tal modo que el dispositivo informático pueda ser capaz de generar un conjunto de datos de características de planta que comprende tanto datos de perfil de planta como una variedad de otros tipos de datos relacionados con los atributos físicos de una o más plantas, según se describe más adelante.

Por otra parte, como se muestra en la Figura 2, algunas realizaciones de sistema de la presente invención pueden comprender, de manera adicional, un carro provisto de ruedas (que incluye, por ejemplo, un par de ruedas 101 dispuestas en un eje), acoplado operativamente con el conjunto de sensores 100 para hacer avanzar el conjunto de sensores 100 a lo largo del eje 20 de fila. En dichas realizaciones, el dispositivo informático 120 puede controlar, de manera adicional, los emisores 110a para que emitan repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada que puede corresponder a la velocidad con la que el carro provisto de ruedas se hace avanzar a lo largo del eje 20 de fila. El conjunto de sensores 100 puede también hacerse avanzar a lo largo del eje de fila por medio de otros mecanismos o procedimientos, incluyendo a través de un conjunto portador emplazado a bordo de una unidad de maquinaria agrícola tal como una cosechadora, un tractor, una plantadora, un equipo de riego u otro



mecanismo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el conjunto de sensores 100 puede ser portado por un accesorio de "horquilla" situado en la parte delantera o en la parte trasera de un tractor u otra unidad de equipo agrícola. De acuerdo con algunas realizaciones alternativas, el conjunto de sensores 100 puede ser colocado sobre una planta individual 10, y puede hacerse rotar el eje 30 del tallo para generar un perfil de 360 grados de la planta 10. En tales realizaciones, puede disponerse también un codificador de corona en torno a un árbol de soporte que porta el conjunto de sensores rotativo 100, de tal manera que la posición radial de los conjuntos geoméricamente ordenados de emisores 110 y de los conjuntos geoméricamente ordenados de receptores 120 puede ser determinada de forma precisa y/o añadida al conjunto de datos de características de planta. Como se describe con mayor detalle más adelante, el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 de la presente invención puede también comprender un dispositivo de sistema de localización global (GPS –"global positioning system") para ubicar con precisión el conjunto de sensores 100. De esta forma, tales realizaciones de conjunto de sensores 100 de mano pueden ser utilizadas para anotar o registrar la posición de una planta particular 10 así como la altura de la planta 10, con el fin de evaluar, realizar un seguimiento y/o determinar la altura de las plantas 10 en posiciones concretas dentro del entorno agrícola. En otras realizaciones, el conjunto de sensores 100 de la presente invención puede estar suspendido de un sistema de carriles montado en el techo (en aplicaciones de invernadero, por ejemplo) y/o de un sistema transportador dispuesto adyacente al eje 20 de fila (tal como un carril o una cinta transportadora).

De acuerdo con algunas realizaciones de sistema, el dispositivo informático 120 puede activar o disparar los emisores 110a para que emitan señales a una velocidad de transmisión predeterminada, de tal manera que los receptores correspondientes 120a reciben las señales y el dispositivo informático genera, adicionalmente, un perfil bidimensional de la planta al compilar los datos generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, el conjunto de sensores 100 (que incluye los conjuntos geoméricamente ordenados de emisores 110 y de receptores 120 complementarios) puede hacerse avanzar a lo largo del eje 20 de la fila) de tal manera que el dispositivo informático 200 puede generar un perfil bidimensional (presentado visualmente a través de la interfaz 210 de usuario) de la planta 10 mediante la compilación de conjuntos de datos recibidos desde el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 y de datos relativos a la velocidad del avance del conjunto de sensores 100 a lo largo del eje 20 de la fila. En otras realizaciones (como se muestra generalmente en la vista en planta superior de un sistema de la Figura 2), un codificador 150 de corona (u otro dispositivo transductor para medir el movimiento rotacional o la velocidad) puede estar acoplado operativamente con un eje mecánico de una rueda 101 para transportar el conjunto geoméricamente ordenado de sensores, de tal manera que el codificador 150 de corona puede transmitir un conjunto de datos de posición (que indican una posición lineal a lo largo del eje 20 de la fila, por ejemplo) al dispositivo informático 200. Utilizando la información del codificador y datos del diámetro de la rueda 101 que pueden haberse almacenado en un dispositivo de memoria 220 situado dentro de, o en comunicación con, el dispositivo informático 200, el dispositivo informático 200 puede determinar una distancia a lo largo del eje 20 de la fila. El dispositivo informático 200 puede, a su vez, añadir el conjunto de datos de posición generado por el codificador de corona al conjunto de datos de características de planta generados por los receptores 120 con el fin de generar un perfil bidimensional de la planta 10 que puede ser presentado visualmente a un usuario del sistema a través de una interfaz de usuario 210, tal como un dispositivo de presentación visual, en comunicación con el dispositivo informático 200.

De acuerdo con algunas realizaciones de sistema, el codificador 150 de corona puede ser utilizado como dispositivo de disparo para controlar el dispositivo informático 200 de manera que lea los datos procedentes del conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 a un intervalo de distancia especificado (tal como cada milímetro recorrido por el conjunto de sensores 100). El conjunto de datos del perfil de la planta (tales como una corriente o flujo binario de "1s" y "0s") se guarda dentro del dispositivo de memoria 220 para construir una imagen de perfil binaria de la planta 10. Subsiguientemente, el dispositivo informático 200 puede aplicar un algoritmo para analizar la imagen binaria. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones de sistema y de método de la presente invención, la imagen binaria puede ser utilizada para identificar una planta de interés y distinguirla de otro tipo de planta y/o de otros residuos u obstrucciones que puedan estar presentes en un entorno agrícola.

Un ejemplo de perfil de planta 10 que puede generarse utilizando los datos de perfil de planta, se mostrado generalmente en la Figura 4, en la que el perfil de planta se muestra desde el punto de vista del conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 (que pueden estar situados paralelos al eje 20 de la fila). De acuerdo con algunas realizaciones de sistema, el dispositivo informático 200 genera una imagen binaria (tal como la que se muestra generalmente en la Figura 4) basándose en el conjunto de datos de características de planta, y presenta visualmente la imagen binaria a un usuario a través de la interfaz 210 de usuario. El dispositivo informático puede también comprender un dispositivo de memoria 220 en comunicación con él, de tal modo que el dispositivo informático puede añadir la imagen binaria generada al conjunto de datos de características de la planta y almacenar el conjunto de datos de características de la planta, integrado, para su uso ulterior en procedimientos de comparación o de identificación.

En otras realizaciones de sistema de la presente invención, el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 puede también comprender una variedad de otros sensores, transductores y/u otros dispositivos de medición o formación de imágenes que pueden también estar en comunicación con el dispositivo informático 200 para medir y/o clasificar una variedad de características que pueden ser exhibidas por una planta 10. Tales características pueden

incluir, si bien no están limitadas a estas: la altura de la planta; el perfil bidimensional de la planta (según se ha expuesto anteriormente); la posición geográfica precisa de la planta 10; el perfil de la planta visto en planta superior; la firma espectral de la planta; la posición de la planta 10 con respecto al conjunto de sensores 100 y/o al eje 20 de la fila; la posición longitudinal de la planta 10 a lo largo del eje 20 de la fila (según se ha descrito generalmente en lo anterior con respecto al codificador 150 de corona); y/u otras características de la planta que pueden ser indicativas, en algunos casos, del genotipo de la planta y de la viabilidad de la planta.

Por otra parte, el conjunto de sensores 100 (en cooperación con el dispositivo informático 200) puede haberse configurado, adicionalmente, para utilizar los datos de características de la planta con el fin de generar y/o almacenar una cuenta de una pluralidad de plantas, al objeto de compilar datos de población para un cierto número de plantas. De esta forma, utilizando tales realizaciones, los investigadores pueden obtener datos referentes a la población relativa de plantas de cosecha frente a malas hierbas o especies invasoras dentro de un sector o parcela y/o fila de plantas concreta (utilizando datos de conteo de plantas y datos de características de plantas correspondientes a cada planta contada). De este modo, en tales realizaciones, puede computarse una densidad y/o una población de plantas para una unidad física seleccionada (es decir, por acre, por hilera o fila, por terreno de investigación), utilizando datos de conteo obtenidos por el conjunto de sensores 100 y almacenados por el dispositivo informático 200. De acuerdo con tales realizaciones, el "área" seleccionada u otra unidad física utilizada para calcular la densidad de población de una planta particular puede tener unos puntos de comienzo y de final previamente desarrollados (almacenados en el dispositivo informático 200, por ejemplo), de tal manera que los puntos de comienzo y de final son proporcionados por un dispositivo de GPS y/u otros dispositivos localizadores que pueden estar incluidos como parte del conjunto de sensores 100, como se describe adicionalmente en esta memoria. Tales realizaciones pueden permitir entonces que un producto de programa informático o rutina (alojada, por ejemplo, en el dispositivo informático 200) sume el número de plantas identificadas de forma discreta, por el conjunto de sensores 100, por ejemplo, entre el punto de comienzo y el punto de final de una unidad física o área particular. Otras realizaciones pueden utilizar lógica previamente programada para segmentar conjuntos de datos de características de planta recibidos desde el conjunto de sensores 100, por, por ejemplo, terreno de investigación, número de fila y/u otra unidad física. Por ejemplo, el sistema puede ser capaz de inferir que un espacio vacío o hueco observado en plantas (según se indica por la falta de materia de planta detectada del conjunto de sensores 100) es un espacio entre terrenos y que, en consecuencia, debe restablecer o poner a cero el contador para una nueva unidad física. Más en concreto, tales etapas lógicas pueden incluir las siguientes "reglas" lógicas almacenadas en un dispositivo de memoria en comunicación con el dispositivo informático 200 y/o que forma parte de este: (1) todos los terrenos de investigación tienen al menos X plantas por terreno; (2) los pasillos son al menos de 60,96 cm (24"); y (3) si se ha contado un número X de plantas y se observa un espacio de separación de 60,96 cm (24"), entonces está comenzando un nuevo terreno y el conteo debe ser restablecido o puesto a cero. Tales realizaciones basadas en lógica pueden, por ejemplo, reducir la dependencia del sistema de los datos de localización de GPS y/o ser utilizadas como una "comprobación" redundante sobre datos de GPS almacenados como parte del conjunto de datos de características de la planta.

Dichas características mensurables de la planta 10 pueden también ser utilizadas por el dispositivo informático 200 de la presente invención para identificar plantas de interés y/o plantas que exhiben respuestas fenotípicas seleccionadas, mediante la comparación de características de plantas medidas con características almacenadas dentro de un dispositivo de memoria 220 que está en comunicación con el dispositivo informático 200 de la presente invención. Como se describe con mayor detalle más adelante, diversos tipos de datos pueden ser producidos por la variedad de sensores adicionales que pueden ser recibidos por el dispositivo informático 200 y, tras ello, añadidos al conjunto de datos de características de planta para su almacenamiento y/o uso en procedimientos de identificación, catalogación y/o medición.

Algunas realizaciones del presente sistema, tal como las mostradas, por ejemplo, en las Figuras 2 y 3, pueden comprender, de manera adicional, una pluralidad de sensores de distancia 140a, 140b, 140c, de tal modo que al menos uno de los sensores de distancia, el 140c, está situado a un lado del conjunto de sensores 100, con el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 y opuestamente al conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120. El sensor de distancia 140c puede haberse dispuesto en una porción inferior del conjunto de sensores y colocarse de tal manera que sea capaz de emitir una señal de triangulación que llegue al eje 30 del tallo de la planta 10, de tal forma que el sensor de distancia 140c pueda determinar con precisión la distancia comprendida entre la posición del sensor 140c en el conjunto de sensores 100 y la posición del eje 30 del tallo de la planta. Por otra parte, en algunas realizaciones de sistema, puede también proporcionarse un sensor de distancia adicional 140b que se dispone a un lado del conjunto de sensores 100 opuesto al sensor de distancia 140c, de tal manera que sea capaz de proporcionar una segunda medición de distancia entre el segundo sensor de distancia 140c y el eje 30 del tallo. De este modo, la combinación de sensores de distancia 140c, 140b puede ser utilizada para determinar con precisión la posición del eje del tallo con respecto al lado del conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 del conjunto de sensores 100 y al lado del conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 del conjunto de sensores.

De acuerdo con otras realizaciones, puede también disponerse un tercer sensor de distancia 140a en el conjunto de sensores 100 para determinar una altura de la planta 10 mediante la determinación de una distancia entre una porción superior 102 del conjunto de sensores 100 y el punto más superior de la planta 10. Por ejemplo, como se ha

mostrado generalmente en la Figura 2, el sensor de distancia 140a puede ser colocado para emitir una señal de triangulación de láser hacia abajo desde la porción superior 102 del conjunto de sensores 100, al objeto de determinar la altura de una planta 10 sobre la que el conjunto de sensores 100 puede hacerse avanzar.

5 Por otra parte, de acuerdo con diversas realizaciones de sistema de la presente invención, el dispositivo informático 200 puede estar en comunicación con los sensores de distancia 140a, 140b, 140c para la ubicación de una posición del eje 30 del tallo y de una porción más superior de la planta 10 con respecto al conjunto de sensores 100. Por ejemplo, si bien los sensores de distancia pueden haberse configurado para medir una distancia entre sus posiciones en el conjunto de sensores 100, el dispositivo informático 200 (y/o un dispositivo de memoria 220 en comunicación con este) puede ser capaz de almacenar especificaciones dimensionales del conjunto de sensores 100 (tales como la anchura y/o la altura del conjunto de sensores 100), de tal manera que el dispositivo informático 200 pueda ser capaz de utilizar las especificaciones dimensionales y los datos de distancia devueltos por uno o más sensores de triangulación 140a-140c para determinar la posición del eje 30 del tallo de una planta 10, la altura de una planta concreta 10 y/o el diámetro del tallo de una planta 10 (utilizando, por ejemplo, dos sensores de distancia en oposición 140b, 140c).

15 Los sensores de distancia pueden comprender diversos tipos de sensores para medir la distancia, que incluyen, aunque sin estar limitados por estos: sensores de triangulación, codificadores ópticos, conjuntos geoméricamente ordenados de diodos de láser adecuados para medir distancias; dispositivos sensibles a la posición (PSDs –“position sensitive devices”); dispositivos de CMOS [metal-óxido-semiconductor complementario –“complementary metal-oxide-semiconductor”]; y/o dispositivos de acoplamiento de carga (CCDs –“charge coupled devices”). Pueden también añadirse sensores de distancia adicionales al conjunto de sensores 100 de acuerdo con otras realizaciones de sistema, a fin de proporcionar mediciones de distancia suplementarias entre la posición del sensor de distancia en el conjunto de sensores y la posición de una parte de planta concreta.

25 El sistema de la presente invención también comprende (como se muestra generalmente en las vistas en planta superior de las Figuras 2 y 3) un dispositivo multiespectral 130 acoplado operativamente con una porción superior 102 (tal como un raíl transversal) del conjunto de sensores 100 con el fin de captar una imagen multiespectral de la planta 10 desde una posición por encima de la planta 10, al objeto de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes (tales como tierra, polvo, malas hierbas, objetos extraños y/u otra vegetación que pueda estar presente en el entorno de cultivo). El dispositivo multiespectral 130 puede ser colocado en un punto central entre el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 y el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 (véase la Figura 2, por ejemplo), de tal modo que la cámara 130 puede ser capaz de captar una imagen de la planta 10 desde una perspectiva central a lo largo del eje 20 de la fila. En otras realizaciones, el dispositivo multiespectral 130 puede también estar montado “a un lado” con el fin de captar imágenes de perfil lateral de la planta 10. Por ejemplo, la cámara multiespectral 130 puede estar colocada en uno o en ambos lados de emisores 110 y de receptores 120 del conjunto de sensores 100 con el fin de captar una imagen multiespectral del perfil lateral de la planta 10.

35 El dispositivo multiespectral 130 de acuerdo con la invención comprende un espectrógrafo de obtención de imágenes en combinación con, por ejemplo, una cámara monocroma industrial, de tal modo que la cámara espectral 130 puede aprovechar las diferentes reflectividad y firmas espectrales de la tierra, las malas hierbas y/o la planta 10 de interés, al objeto de generar una descripción precisa de la forma de la hoja y de la geometría de la hoja de la planta 10. De acuerdo con algunas realizaciones, se utiliza un espectrógrafo de formación de imágenes tal como el ImSpector (producido por la Specim) en combinación con una cámara industrial para generar una imagen multiespectral desde arriba de una planta 10. Tal y como se ha explicado anteriormente, los espectrógrafos de obtención de imágenes tales el ImSpector son empleados en combinación con una cámara para generar una imagen de la planta 10. En una realización, pueden utilizarse también cámaras de CMOS y/o tecnologías de cámara digital adicionales para generar una imagen de base (véase la Figura 6A, por ejemplo) para la cámara espectral 130. El dispositivo informático 200 de la presente invención recibe entonces la imagen de la cámara y acrecienta las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante (utilizando diferencias en la firma espectral) según son detectadas por el espectrógrafo de obtención de imágenes, con el fin de generar una imagen multiespectral de la planta según se ha mostrado generalmente en la Figura 6B. La Figura 6A muestra generalmente una imagen de cámara no potenciada. Por otra parte, la Figura 6B muestra una imagen multiespectral potenciada generada por el dispositivo multiespectral 130, al diferenciar este el material de hojas de planta del material de tierra circundante. La Figura 6C muestra un gráfico espectral o espectrografía que indica las firmas espectrales relativas de los materiales de planta y de tierra contenidos en la imagen. La entrada procedente del componente de espectrógrafo del dispositivo multiespectral 130 puede, de esta forma, permitir a la cámara generar efectivamente imágenes del material de planta incluso en entornos de trabajo agrícolas que pueden estar oscurecidos por polvo, humedad, niebla y/u otros materiales extraños que tienen una firma espectral que es significativamente diferente de la del material de planta.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, los datos compilados por el espectrógrafo de formación de imágenes pueden ser también utilizados para generar datos de planta cuantitativos que pueden ser indicativos del fenotipo de la planta, los cuales incluyen, por ejemplo, el contenido de clorofila, [0]fotosíntesis y PAR (radiación fotosintéticamente activa –“photosynthetically active radiation”), la utilización de nitrógeno, el espesor de la hoja, el conteo de hojas y

otros datos de la planta. El espectrógrafo de formación de imágenes puede también ser utilizado para analizar las propiedades fenotípicas de la planta 10 en el infrarrojo, el ultravioleta y/u otros espectros no visibles. Por ejemplo, pueden detectarse los niveles o grados de absorción de agua mediante el dispositivo multiespectral 130 cuando se explora en el espectro infrarrojo cercano.

5 En la Figura 5 se muestra generalmente una imagen multiespectral proporcionada a modo de ejemplo que es producida por un dispositivo multiespectral 130, según se observa en una vista en planta superior. De acuerdo con algunas realizaciones de sistema de la presente invención, dicha imagen multiespectral puede ser presentada visualmente a un usuario por medio de la interfaz 210 de usuario, que está en comunicación con el dispositivo informático 200 del sistema de la presente invención. Además de ello, en algunas realizaciones, la imagen espectral y los datos incorporados en ella pueden ser recibidos por el dispositivo informático 200 y añadidos al conjunto de datos de características de planta para una planta concreta. De esta forma, la imagen de dispositivo multiespectral de la planta 10 puede ser vinculada con el conjunto de datos del perfil de la planta (obtenidos desde el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100) contenidos en el conjunto de datos de características de la planta, a fin de proporcionar un conjunto más completo de características de la planta que pueda ser almacenado en un dispositivo de memoria 220 y/o comparado con un conjunto de datos de características de planta almacenado, perteneciente a una planta conocida de interés, al objeto de identificar la planta conocida de interés en aplicaciones instantáneas o en tiempo real, o casi instantáneas.

De acuerdo con otras realizaciones de sistema de la presente invención, el sistema puede comprender, de manera adicional, uno o más dispositivos configurados de forma que sean capaces de generar datos de ubicación para una planta particular 10, de tal manera que el dispositivo informático 200 puede añadir tales datos de ubicación al conjunto de datos de características de planta y generar un mapa y/o catálogo de ubicaciones de planta 10 dentro de un terreno agrícola, terreno de investigación, zona de invernadero, número de hilera o fila y/u otra división de área de cultivo dada. Por ejemplo, en algunas realizaciones en las que el conjunto de sensores 100 de la presente invención se hace avanzar a lo largo del eje 20 de la fila sobre un carro que comprende unas ruedas 101 (como se muestra generalmente en la vista en planta superior de la Figura 1), el carro provisto de ruedas puede comprender al menos un eje mecánico (para portar las ruedas 101) y un codificador 150 de corona, acoplado operativamente con dicho eje mecánico para transmitir un conjunto de datos de ubicación o posición al dispositivo informático 200, con el fin de determinar una distancia a lo largo del eje 20 de la fila. El dispositivo informático 200 puede también añadir, de manera adicional, los datos de ubicación o posición generados por el codificador 150 de corona al conjunto de datos de características de planta, de tal modo que las características de la planta pueden ser vinculadas con una posición a lo largo del eje 20 de la fila para el trazado de un mapa de los fenotipos particulares o para el señalamiento preciso de malas hierbas para ulteriores procedimientos automatizados de desbroce o eliminación de malas hierbas.

De acuerdo con otras realizaciones de sistema de la presente invención, el sistema puede comprender, de manera adicional, un dispositivo de sistema de localización global (GPS) 160 (tal como se muestra en la Figura 2), en comunicación con el dispositivo informático 200 para determinar la posición de la planta 10 utilizando un sistema de localización global. Como se muestra en la Figura 2, el dispositivo de GPS puede ser situado conjuntamente con un sensor, y/o emplazado cerca de este, para detectar la altura de la planta (tal como el sensor de distancia 140a), de tal manera que la posición de la planta puede ser representada gráficamente mediante coordenadas de GPS con una precisión de hasta unos pocos centímetros (unas pocas pulgadas) (dependiendo del dispositivo de GPS que se utilice). Por otra parte, el dispositivo informático 200 puede, adicionalmente, añadir la posición de la planta 10 (según se determina por el dispositivo de GPS) al conjunto de datos de características de la planta, de tal forma que las características de la planta pueden ser vinculadas a una ubicación o posición a lo largo del eje de la fila 20, a fin de trazar un mapa de fenotipos particulares o para la marcación precisa de las malas hierbas con vistas a su subsiguiente eliminación o desbroce automático.

Como se ha mostrado en la Figura 1 y descrito anteriormente, realizaciones de sistema de la presente invención pueden también comprender un dispositivo de memoria 220 en comunicación con el dispositivo informático 200 para almacenar el conjunto de datos de características de planta de una planta conocida de interés y/o una cuenta de una pluralidad de plantas de interés. Por ejemplo, el dispositivo informático 200 de la presente invención puede ser utilizado para ajustar el conjunto de sensores 100 en un modo de "aprendizaje" en el que un usuario del sistema puede hacer avanzar el conjunto de sensores 100 sobre una planta conocida de interés, tal como una planta de maíz en un estadio temprano (tal como se muestra, por ejemplo, en perfil desde arriba y desde un lado (paralelo al eje 20 de la fila) en la Figura 7A). De esta forma, el dispositivo informático 200 y los diversos sensores del conjunto de sensores 100 pueden ser utilizados para generar un conjunto de datos de características de planta (tal y como se ha descrito anteriormente) para la planta de maíz. En otra realización proporcionada a modo de ejemplo, el dispositivo de memoria 220 puede ser utilizado para almacenar un conjunto de datos de características de planta (que comprende, por ejemplo, datos del perfil de la planta; una imagen multiespectral de la planta tomada desde una perspectiva vista en planta superior, u otro punto de datos del conjunto de datos de características de planta) para una planta de maleza o mala hierba típica (tal como se muestra generalmente en la Figura 7B). Los conjuntos de datos de características de planta almacenados para tales "plantas de interés" pueden ser entonces utilizados como ejemplos comparativos, ya que el sistema de la presente invención se utiliza para identificar la planta de interés por su fenotipo diferenciador y/o para marcar la planta de interés por su posición dentro del entorno agrícola.

Como se describe más adelante con respecto a las realizaciones de método y de producto de programa informático de la presente invención, el dispositivo informático 200 del sistema de la presente invención puede ser también involucrado en un modo de "identificación" en el que el dispositivo informático 200 identifica la planta 10 mediante la comparación del conjunto de datos de características de la planta generados (tomados instantáneamente o en tiempo real, o casi instantáneamente, desde el conjunto de sensores 100 y sus componentes asociados (tales como el dispositivo multispectral 130)) con el conjunto de datos de características de planta almacenados (que están almacenados, por ejemplo, en el dispositivo de memoria 220) de la planta conocida de interés.

La presente invención también incluye métodos para medir características físicas de plantas individuales 10 y/o grupos de plantas 10 situados generalmente en una fila que define un eje 20 de fila, de tal manera que cada planta 10 de la fila define un eje 30 de tallo que se extiende sustancialmente en vertical desde el eje 20 de la fila en un entorno agrícola. La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de una realización de método de la presente invención, en el cual una etapa 810 incluye proporcionar un conjunto de sensores 100 de perfil que incluye un conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110 y un conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120, dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a los emisores con el fin de recibir una pluralidad de señales emitidas por el conjunto geoméricamente ordenado de emisores 110. La etapa 810 también incluye proporcionar un dispositivo informático 200 en comunicación con el conjunto geoméricamente ordenado de sensores 100 de perfil. La etapa 820 comprende colocar el conjunto de sensores 100 con respecto a la fila de plantas de un modo tal, que los receptores 120a y los emisores 110a se colocan en lados opuestos del eje 20 de la fila (tal como se muestra desde arriba en la Figura 2, por ejemplo). Por otra parte, la etapa 830 comprende emitir la pluralidad de señales procedentes de los emisores 110a de tal manera que una porción de una planta 20 de la fila oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales. Por ejemplo, la etapa 830 puede comprender emitir una señal luminosa que puede ser oscurecida por un componente de tallo o de hoja de la planta, de tal manera que la etapa 840 comprende recibir una porción de la pluralidad de señales en los receptores 120a, de forma que dichos receptores 120a generan un conjunto de datos de perfil de planta que comprende una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida (es decir, una señal que continúa ininterrumpida desde un emisor 110a hasta un receptor correspondiente 120a) y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta 10. La etapa 850 comprende generar un conjunto de datos de características de planta que contiene datos de características de planta, basándose, al menos en parte, en los datos de perfil de planta recibidos desde la pluralidad de receptores 120a, para que, así, el conjunto de datos de características de planta pueda ser utilizado para medir las características físicas de la fila de plantas 10. Por ejemplo, los datos de perfil de planta pueden ser utilizados para generar una imagen binaria 210 de la planta 10, tal como se muestra en la Figura 4.

Por ejemplo, como se muestra generalmente en la Figura 9, de acuerdo con algunas realizaciones de método, la etapa de aporte 810 comprende, adicionalmente, proporcionar una interfaz de usuario 210 en comunicación con el dispositivo informático 200, y el método puede comprender, de manera adicional, las siguientes etapas: una etapa 910, que incluye generar una imagen binaria basándose en el conjunto de datos de características de planta; una etapa 920, que incluye presentar visualmente la imagen binaria a un usuario a través de la interfaz 210 de usuario (tal como un dispositivo de presentación visual en comunicación con el dispositivo informático 200); y una etapa 930, que incluye añadir la imagen binaria (mostrada, por ejemplo, en el dispositivo de presentación visual 210 de la Figura 4) al conjunto de datos de características de planta.

De acuerdo con algunas realizaciones de método, tal como se muestra generalmente en la Figura 10, la etapa de generación 910 puede ser llevada a cabo por el dispositivo informático 200 de la presente invención, el cual puede compilar las posiciones verticales de los puntos de datos positivos y negativos generados con el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 a lo largo del tiempo, a medida que el conjunto de sensores 100 se hace avanzar a lo largo del eje 20 de la fila para generar una imagen de perfil lateral 210 de la planta 10. Como se muestra en la Figura 10, el método puede comprender, de manera adicional, una etapa 1010 que incluye hacer avanzar el conjunto de sensores 100 a lo largo del eje 20 de la fila (como se muestra, por ejemplo, en la Figura 4). En tales realizaciones de método, la etapa de emisión (etapa 830) puede comprender, de manera adicional, emitir repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada, y la etapa de generación (etapa 850) puede comprender, de manera adicional, generar un perfil bidimensional de la planta mediante la compilación del conjunto de datos de perfil de la planta generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje 20 de la fila. Por otra parte, la etapa 1020 comprende añadir el perfil bidimensional generado de la planta al conjunto de datos de características de la planta. Por otra parte, en algunas realizaciones, la etapa de generación 850 puede comprender, de manera adicional, generar perfiles bidimensionales para una variedad de plantas a medida que el conjunto de sensores 100 se hace avanzar, al objeto de contar el número de una pluralidad de plantas de un sector o parcela y/o fila dada. La cuenta generada puede ser entonces almacenada por el dispositivo informático 200 al objeto de recoger y mantener una cuenta de una planta particular de interés.

Como se ha descrito anteriormente con respecto a las realizaciones de sistema de la presente invención, pueden utilizarse diversos sensores y componentes para generar una variedad de puntos de datos de características de planta destinados a incluirse en el conjunto de datos de características de planta compilados por el dispositivo informático 200 de la presente invención, que pueden complementar los datos de perfil, la imagen del perfil lateral, y/o el perfil bidimensional de la planta 10 que puede ser generado por el conjunto geoméricamente ordenado de

emisores 110 y el conjunto geoméricamente ordenado de receptores 120 del conjunto de sensores 100. Por ejemplo, el sistema de la presente invención puede también comprender uno o más sensores de distancia 140a, 140b, 140c (tal como se muestran generalmente en las Figuras 2 y 3), destinados a determinar distancias entre los sensores de distancia (que pueden estar acoplados operativamente con el conjunto de sensores 100) y un tallo (que define el eje 30 de tallo, por ejemplo) y/u otra estructura de planta perteneciente a la planta 10. De esta forma, de acuerdo con una realización de método alternativa según se muestra generalmente en la Figura 11, el método puede comprender, de manera adicional, una etapa 1110 para ubicar una posición del eje 30 de tallo con respecto al conjunto de sensores 100 utilizando uno o más de los sensores de distancia 140a, 140b, 140c, y una etapa 1120 para añadir la posición localizada del eje 30 de tallo al conjunto de datos de características de la planta. Algunos sensores de distancia 140a pueden también estar acoplados operativamente con una porción superior 102 del conjunto de sensores 100 (véase la Figura 3), de tal manera que las realizaciones de método de la presente invención pueden también comprender ubicar una posición de una estructura de hoja o del punto más alto de una planta 10 con respecto a un sensor de distancia 140a montado en la posición más elevada y configurado para emitir una señal luminosa hacia abajo, en dirección a la planta 10, conforme el conjunto de sensores 100 se hace avanzar sobre el eje 10 de la fila.

De acuerdo con otra realización de método de la presente invención que se ha mostrado generalmente en la Figura 12, el método comprende, adicionalmente, en una etapa 1210, captar una imagen multiespectral (utilizando un dispositivo multiespectral 130 según se ha descrito anteriormente) de la planta 10 desde una posición por encima de la planta 10, a fin de diferenciar la planta 10 de una pluralidad de materiales circundantes (tales como tierra, polvo, niebla u otro material). La etapa 1220 comprende, adicionalmente, añadir la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta. De esta forma, el dispositivo informático 200 de la presente invención puede integrar las dos imágenes de perfil bidimensionales (véase el elemento 210 que se ha mostrado en la Figura 4) con una imagen multiespectral (véase, por ejemplo, la Figura 6B) en el conjunto de datos de características de planta completo, de tal manera que las características del perfil físico de la planta 10 pueden ser catalogadas con un perfil lateral y un perfil correspondiente según una vista en planta superior (véase la Figura 7A para un perfil según vistas en planta superior y lateral de una planta de maíz típica). Como se ha descrito anteriormente, el procedimiento de captación de la etapa 1210 se lleva a efecto por la combinación de una imagen de cámara (véase la Figura 6A, por ejemplo) con un espectrógrafo del mismo o similar campo de visión (véase, por ejemplo, la Figura 6C), a fin de generar la imagen multiespectral potenciada según se muestra en la Figura 6B. De esta forma, la etapa de generación 1210 puede generar una imagen multiespectral en vista en planta superior potenciada de la planta 10 conforme el conjunto de sensores se hace avanzar sobre la planta 10, que puede revelar un perfil detallado de la configuración de las hojas de la planta 10 con independencia de la tierra, el polvo u otros materiales de las proximidades de la planta, debido a las diferencias de firma espectral entre el material de la planta y los materiales circundante, que son resaltadas por el espectrógrafo. Por otra parte, la etapa 1210 puede llevarse a cabo con la ayuda del dispositivo informático 200 para una integración más precisa de la imagen de la cámara con el espectrógrafo, al objeto de proporcionar la imagen multiespectral.

Algunas realizaciones de sistema de la presente invención incluyen (como se muestra, por ejemplo, en la Figura 2) un conjunto de sensores 100 que es portado por un carro provisto de ruedas y que tiene al menos una rueda 101 y un eje mecánico correspondiente, de tal modo que un codificador 150 de corona está acoplado operativamente con el eje mecánico. De esta forma, algunas realizaciones de método de la presente invención (que se muestran en la Figura 13) comprenden, adicionalmente, una etapa 1310 para transmitir un conjunto de datos de posición desde el codificador 150 de corona a un dispositivo informático 200 con el fin de determinar una distancia a lo largo del eje 20 de la fila, así como una etapa 1320 para añadir el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de planta. De esta forma, pueden llevarse a cabo las etapas 1310 y 1320 para determinar y catalogar la posición de una planta concreta 10 a lo largo del eje 20 de la fila (que puede estar definida en relación con una posición "de casa" o de partida definida por un linde del campo, una valla, una pared de invernadero, una carretera u otra señal y/o barrera del terreno). Otras realizaciones de método de la presente invención (mostradas generalmente en la Figura 14) comprenden adicionalmente una etapa 1410 para determinar una posición geográfica de la planta 10 (a fin de complementar o reemplazar la determinación de la posición lineal de la planta según se ha mostrado en la etapa 1310, anteriormente) utilizando un dispositivo 160 de sistema de localización global (GPS) (que puede estar montado en, y/o emplazado junto con, el dispositivo multiespectral 130 y/o el sensor de distancia 140a montado en posición superior (véase la Figura 2), de tal manera que el dispositivo de GPS puede registrar con precisión coordenadas de GPS conforme la planta 10 es detectada). La etapa 1420 comprende adicionalmente añadir la posición determinada de la planta 10 al conjunto de datos de características de la planta. De esta forma, la etapa 1420 puede vincular 10 que tienen ciertos rasgos físicos o fenotipos detectados con una posición geográfica diferenciada que puede ser representada gráficamente de forma precisa dentro de unos pocos centímetros, dependiendo del dispositivo de GPS 160 que se utilice.

La Figura 15 muestra un método para "enseñar" al conjunto de sensores 100 de la presente invención, que comprende una etapa 1510 para almacenar el conjunto de datos de características de planta de una planta conocida de interés en un dispositivo de memoria 220 que está en comunicación con el dispositivo informático 200. La etapa 1510 permite, de esta forma, al dispositivo informático asociar un conjunto de datos de características de planta particular con una planta seleccionada de interés (tal como un tipo de mala hierba buscado que tiene propiedades físicas diferenciadas, o una planta de maíz con un cierto fenotipo preferido). La etapa de "enseñanza" representada

como etapa 1510 en la Figura 15 permite, de esta forma, al dispositivo informático identificar, en tiempo real o de forma casi instantánea, la planta 10 que está siendo evaluada por el conjunto de sensores 100, mediante la comparación del conjunto de datos de características de planta generado (que es generado en tiempo real) con el conjunto de datos de características de planta almacenado de la planta conocida de interés (que ha sido "enseñado" al dispositivo informático 200 como parte de la etapa 1510). La Figura 16 representa la etapa 1610 de identificación de planta que se ha descrito en lo anterior. La etapa 1610 puede ser llevada a cabo utilizando uno o más de los puntos de datos distintivos dentro del conjunto de datos de características de planta.

Por otra parte, la etapa 1610 de identificación de planta puede llevarse a cabo en combinación con una etapa de conteo, de tal manera que se permite al conjunto de sensores 100 (en cooperación con el dispositivo informático 200) ser capaz de mantener una cuenta de varias plantas diferentes de interés (identificadas, por ejemplo, en la etapa 1610 por conjuntos de datos de características de planta particulares) durante una única "pasada" del conjunto de sensores 100 a través de un sector o parcela de plantas que puede incluir, por ejemplo, una parcela de plantas de cosecha intercaladas con malas hierbas y/o especies de plantas invasoras. De esta forma, tales realizaciones de método pueden ser utilizadas para establecer la población de plantas de cosecha dentro de una parcela particular, frente a la población relativa de malas hierbas de interés dentro de la misma área general de una parcela o terreno de investigación. Como se ha descrito en esta memoria con respecto a las realizaciones de sistema, la etapa de conteo puede comprender contar el número de plantas dentro de una unidad física (tal como por unidad de área, por fila, por terreno de investigación, por ejemplo), de tal modo que el método puede comprender, adicionalmente, determinar la densidad de un tipo concreto de planta (tal como una planta de cosecha y/o mala hierba seleccionada) que puede estar presente dentro de una unidad física dada (tal como una fila o un terreno de investigación particular).

Como se ha descrito en esta memoria, los conjuntos de datos de características de planta pueden ser poblados con imágenes (como se ha descrito en las etapas 930, 1020 y 1220), datos de posición de planta (según se ha descrito en las etapas 1120, 1320 y 1420), datos espectrográficos de planta (generados en la etapa 1210) y otros tipos de datos, de tal manera que el dispositivo informático 200 puede ser capaz, en algunas realizaciones de método y de programa informático, de seleccionar uno o más de los tipos de datos contenidos en el conjunto de datos de características de planta que proporcionan la correlación más fuerte con las características "aprendidas" o almacenadas de la planta seleccionada de interés. De esta forma, los métodos de la presente invención pueden proporcionar un procedimiento robusto y repetible para identificar y ubicar con precisión plantas de interés en un entorno de trabajo agrícola, de tal manera que los resultados de dicho método puedan ser utilizados, adicionalmente, por los usuarios para marcar con precisión malas hierbas para su eliminación automatizada, y/o para localizar plantas individuales que tienen un fenotipo deseable y/o seleccionado.

Además de proporcionar sistemas y métodos, la presente invención también proporciona productos de programa informático para llevar a cabo las operaciones anteriormente descritas. Los productos de programa informático tienen un medio de almacenamiento legible por computadora que tiene código de programa legible por computadora, incorporado en el medio. Haciendo referencia a la Figura 1, el medio de almacenamiento legible por computadora puede formar parte del dispositivo de memoria 220 y puede implementar el código de programa legible por computadora para llevar a cabo las operaciones anteriormente expuestas.

A este respecto, las Figuras 8-16 son ilustraciones de diagramas de bloques de métodos, sistemas y productos de programa de acuerdo con la invención. Se comprenderá que cada bloque o etapa del diagrama de bloques, así como combinaciones de bloques del diagrama de bloques, pueden ser implementados mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden ser cargadas en una computadora u otro aparato programable para producir una máquina, de tal manera que las instrucciones que se ejecutan en la computadora u otro aparato programable son capaces de llevar a efecto las funciones especificadas en el diagrama de bloques, diagrama de flujo o bloque(s) o etapa(s) de flujo de control. Estas instrucciones de programa informático pueden también ser almacenadas en una memoria legible por computadora que pueda dirigir una computadora u otro aparato programable para que funcione de una manera particular, de tal modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por computadora produzcan un artículo de manufactura que incluya instrucciones que lleven a efecto la función especificada en el diagrama de bloques, diagrama de flujo o bloque(s) o etapa(s) de flujo de control. Las instrucciones de programa informático pueden también ser cargadas en una computadora u otro aparato programable para hacer que se lleven a cabo una serie de etapas operacionales en la computadora u otro aparato programable, a fin de producir un procedimiento implementado por computadora tal, que las instrucciones que se ejecutan en la computadora u otro aparato programable proporcionan etapas para llevar a efecto las funciones especificadas en el diagrama de bloques, diagrama de flujo o bloque(s) o etapa(s) de flujo de control.

De acuerdo con ello, los bloques o etapas del diagrama de bloques, diagrama de flujo o ilustraciones de flujo de control dan soporte a combinaciones de conjuntos de instrucciones informáticas para llevar a cabo las funciones especificadas, a combinaciones de etapas para llevar a cabo las funciones especificadas, y a instrucciones de programa para llevar a cabo las funciones especificadas. Se comprenderá también que cada bloque o etapa del diagrama de bloques, diagrama de flujo o ilustraciones de flujo de control, así como combinaciones de bloques o etapas del diagrama de bloques, diagrama de flujo o ilustraciones de flujo de control, puede ser implementada por

sistemas informáticos basados en dispositivos físicos o hardware de propósito especial que llevan a cabo las funciones o etapas especificadas, o en combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones informáticas.

- 5 Muchas modificaciones y realizaciones diferentes de la invención vendrán a la mente de una persona experta en la técnica a la que pertenece esta invención, al disponer de los beneficios de las enseñanzas presentadas en las anteriores descripciones y en los dibujos asociados. Ha de comprenderse, por lo tanto, que la invención no debe verse limitada a las realizaciones específicas divulgadas y que es la intención que modificaciones y otras realizaciones estén incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones que se acompañan. Si bien se emplean en esta memoria términos específicos, estos se usan únicamente en un sentido genérico y descriptivo, y no para
- 10 propósitos de limitación.



**REIVINDICACIONES**

1.- Un sistema para medir características físicas de una planta (10) en un entorno agrícola, de tal modo que el sistema comprende:

5 un conjunto de sensores (100), que incluye una pluralidad de emisores (110a) y una pluralidad de receptores (120a), dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a dicha pluralidad de emisores para recibir una pluralidad de señales emitidas por dichos emisores, de tal manera que dichos receptores y dichos emisores pueden ser situados en lados opuestos de la planta;

en el cual dichos emisores emiten una pluralidad de señales de tal modo que una porción de la planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales; y que comprende, adicionalmente:

10 un dispositivo informático (200), en comunicación con dicho conjunto de sensores con el fin de detectar la recepción de las señales por dichos receptores; y en el cual

15 dicho dispositivo informático recibe unos datos del perfil de la planta generados por dicha pluralidad de receptores, que comprenden una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a la porción de la pluralidad de señales oscurecida por la planta;

20 de tal modo que dicho dispositivo informático está configurado para generar un conjunto de datos de características de planta que contiene datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde dicha pluralidad de receptores, de tal modo que los datos de características de planta pueden ser utilizados para medir las características físicas de la planta; comprendiendo adicionalmente el sistema

25 un dispositivo multiespectral (130) comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes, acoplados operativamente con una porción superior de dicho conjunto de sensores con el fin de captar una imagen multiespectral de la planta desde una posición situada por encima de la planta, para así diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes, y de tal manera que dicho dispositivo informático está en comunicación con dicho dispositivo multiespectral para recibir la imagen de la cámara y acrecentar las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante, según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, al objeto de generar, con ello, la imagen multiespectral de la planta, y de modo que dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, la imagen multiespectral de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

30 2.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho dispositivo informático controla, de manera adicional, dichos emisores para que emitan la pluralidad de señales.

3.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual dicho conjunto de sensores comprende al menos uno de entre:

una cortina de luz industrial;

35 una pluralidad de fotodiodos sustancialmente alineados con una pluralidad correspondiente de sensores ópticos; y

combinaciones de los mismos.

40 4.- Un sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1, 2 y 3, que comprende adicionalmente un conjunto móvil (101) acoplado operativamente con dicho conjunto de sensores para hacer avanzar dicho conjunto de sensores a lo largo de una hilera o fila de plantas que incluye la planta y que define un eje (20) de la fila, y en el que dicho dispositivo informático controla, de manera adicional, dichos emisores para que emitan repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada, y en el cual dicho dispositivo informático genera, adicionalmente, un perfil bidimensional de la planta mediante la compilación del conjunto de datos del perfil de la planta generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, el perfil bidimensional generado de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

45 5.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, el cual dicho conjunto móvil comprende al menos uno de entre:

un carro provisto de ruedas;

50 un remolque;

un mecanismo de fijación para el carro a través de un mecanismo agrícola móvil; y

combinaciones de los mismos.

- 5 6.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente una interfaz (210) de usuario, en comunicación con dicho dispositivo informático y en el que dicho dispositivo informático genera, de manera adicional, una imagen binaria basándose en el conjunto de datos de características de planta y presenta visualmente la imagen binaria a un usuario por medio de dicha interfaz de usuario, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, la imagen binaria al conjunto de datos de características de planta.
- 10 7.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un sensor de distancia (140a, 140b, 140c), dispuesto en el conjunto de sensores de tal modo que el sensor de distancia mide una distancia a una porción de la planta, y en el que dicho dispositivo informático está en comunicación con dicho sensor de distancia para ubicar una posición de la porción con respecto a dicho conjunto de sensores, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, la posición ubicada o localizada de la porción de la planta al conjunto de datos de características de la planta.
- 15 8.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho conjunto de sensores comprende adicionalmente un dispositivo localizador (160), en comunicación con dicho dispositivo informático para transmitir un conjunto de datos de ubicación o posición a dicho dispositivo informático con el fin de determinar una posición de la planta, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.
- 20 9.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual dicho dispositivo localizador es al menos uno de entre:  
 un codificador óptico;  
 un codificador de láser;  
 un dispositivo de reconocimiento de punto muerto, que comprende un giroscopio y/o un acelerómetro;  
 un dispositivo de sistema de localización global; y  
 combinaciones de los mismos.
- 25 10.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho conjunto móvil comprende al menos un eje mecánico, y en el que dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un codificador (150) de corona, acoplado operativamente con dicho eje geométrico y en comunicación con dicho dispositivo informático para transmitir un conjunto de datos de posición a dicho dispositivo informático con el fin de determinar una distancia a lo largo de la hilera o fila de plantas, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.
- 30 11.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un dispositivo de sistema de localización global, en comunicación con dicho dispositivo informático para determinar una posición de la planta utilizando un sistema de localización global, y en el cual dicho dispositivo informático añade, de manera adicional, la posición de la planta al conjunto de datos de características de la planta.
- 35 12.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un dispositivo de memoria (220), en comunicación con dicho dispositivo informático para almacenar en el dispositivo de memoria el conjunto de datos de características de planta de una planta conocida de interés.
- 40 13.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en el cual dicho dispositivo informático está configurado, adicionalmente, para identificar la planta mediante la comparación del conjunto de datos de características de la planta generados con el conjunto de datos de características de planta de la planta conocida de interés.
- 45 14.- Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual dicho dispositivo informático está configurado, adicionalmente, para mantener una cuenta del número de una pluralidad de plantas para las que se han generado una pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta.
- 15.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en el cual dicho dispositivo informático está configurado, de manera adicional, para determinar la cuenta del número de la pluralidad de plantas situadas dentro de al menos una unidad física, basándose, al menos en parte, en la pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta.
- 50 16.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual la al menos una unidad física se selecciona de entre el grupo consistente en:  
 una hilera o fila;  
 un terreno agrícola; y

combinaciones de los mismos.

17.- Un método para medir características físicas de una planta en un entorno agrícola, de manera que el método comprende:

5 proporcionar un conjunto de sensores (810) que incluye una pluralidad de emisores (110a) y una pluralidad de receptores (120a), dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a dicha pluralidad de emisores para recibir una pluralidad de señales emitidas por dichos emisores;

situar dicho conjunto de sensores (820) con respecto a la planta de tal manera que dichos receptores y dichos emisores se colocan en lados opuestos de la planta;

10 emitir la pluralidad de señales (830) desde dichos emisores de tal modo que una porción de la planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales;

recibir una porción de la pluralidad de señales en dichos receptores (840);

proporcionar un dispositivo informático (200) en comunicación con dicho conjunto de sensores de perfil; y

15 de modo que, debido a dicha recepción, dichos receptores generan un conjunto de datos del perfil de la planta que comprenden una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta; y

20 generar un conjunto de datos (850) de características de planta que contiene datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde dicha pluralidad de receptores, de tal manera que el conjunto de datos de características de la planta puede ser utilizado para medir las características físicas de la planta, y de modo que

dicho conjunto de sensores comprende, adicionalmente, un dispositivo multiespectral (130) que comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes, comprendiendo el método, adicionalmente:

25 captar (1210) una imagen multiespectral de las plantas utilizando la cámara y el espectrógrafo de obtención de imágenes, desde una posición situada por encima de la planta, al objeto de diferenciar la planta de una pluralidad de materiales circundantes mediante la recepción de la imagen de la cámara y el acrecentamiento o potenciación de las diferencias entre el material de planta y el material de tierra circundante, según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, a fin de generar con ello la imagen multiespectral de la planta; y

añadir (1220) la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta.

30 18.- Un método de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende adicionalmente:

35 hacer avanzar dicho conjunto de sensores a lo largo de una hilera o fila de plantas (1010) que incluye la planta y que define un eje de la fila, de tal modo que la etapa de emisión comprende, adicionalmente, emitir repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada, y de manera que la etapa de generación comprende, adicionalmente, generar un perfil bidimensional de la planta mediante la compilación del conjunto de datos del perfil de la planta generados por dichos receptores en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila; y añadir el perfil bidimensional generado de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

40 19.- Un método de acuerdo con la reivindicación 17 o la reivindicación 18, en el cual dicha etapa de aporte comprende, adicionalmente, proporcionar dicha pluralidad de emisores de forma que se extienden sustancialmente paralelos a un eje del tallo de la planta.

20.- Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 17, 18 y 19, en el cual la etapa de aporte comprende, de manera adicional, proporcionar una interfaz (210) de usuario en comunicación con dicho dispositivo informático, de modo que el método comprende, adicionalmente:

generar (910) una imagen binaria basándose en el conjunto de datos de características de la planta;

45 presentar visualmente (920) la imagen binaria a un usuario por medio de dicha interfaz de usuario; y

añadir (930) la imagen binaria al conjunto de datos de características de la planta.

21.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17-20, en el cual dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un sensor de distancia (140a, 140b, 140c), de tal manera que el método comprende, adicionalmente:

localizar o ubicar (1110) una posición de la porción de la planta con respecto a dicho conjunto de sensores utilizando dicho sensor de distancia; y

añadir (1120) la posición ubicada de la porción de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

5 22.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17-21, en el cual dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un dispositivo localizador (160) en comunicación con dicho dispositivo informático; de tal modo que el método comprende, adicionalmente:

transmitir (1310) un conjunto de datos de posición desde dicho dispositivo localizador a dicho dispositivo informático con el fin de determinar una posición de la planta; y

añadir (1320) el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.

10 23.- Un método de acuerdo con la reivindicación 18, en el que dicho conjunto de sensores es portado por un conjunto móvil que tiene al menos un eje para ruedas, y en el cual dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un codificador (150) de corona acoplado operativamente con dicho eje para ruedas, de tal modo que el método comprende, adicionalmente:

15 transmitir (1310) un conjunto de datos de posición desde dicho codificador de corona a dicho dispositivo informático con el fin de determinar una distancia a lo largo de la fila de plantas; y

añadir (1320) el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.

24.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17-23, en el cual dicho conjunto de sensores comprende, adicionalmente, un dispositivo de sistema de localización global, de manera que el método comprende, adicionalmente:

20 determinar (1410) una posición de la planta utilizando un sistema de localización global; y

añadir (1420) la posición determinada de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

25 25.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17-24, en el cual la etapa de aporte comprende, de manera adicional, proporcionar un dispositivo de memoria (220) en comunicación con dicho dispositivo informático, comprendiendo el método, adicionalmente, almacenar el conjunto de datos de características de planta de una planta conocida de interés en el dispositivo de memoria.

26.- Un método de acuerdo con la reivindicación 25, que comprende, adicionalmente, identificar la planta comparando el conjunto de datos de características de la planta generado con el conjunto de datos de características de planta almacenado, perteneciente a la planta conocida de interés.

27.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17-26, que comprende, de manera adicional:

30 contar el número de una pluralidad de plantas para las que se ha generado una pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta; y

almacenar el número contado de la pluralidad de plantas.

35 28.- Un método de acuerdo con la reivindicación 27, que comprende, adicionalmente, determinar el número de la pluralidad de plantas situadas dentro de al menos una unidad física, basándose, al menos en parte, en la pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta.

29.- Un método de acuerdo con la reivindicación 27, en el cual la al menos una unidad física se selecciona de entre el grupo consistente en:

una hilera o fila;

un terreno agrícola; y

40 combinaciones de los mismos.

45 30.- Un producto de programa informático para controlar un dispositivo informático que está en comunicación con un conjunto de sensores (100) que comprende una pluralidad de emisores (110a) y una pluralidad correspondiente de receptores (120a), dispuestos sustancialmente opuestos y paralelos a dichos emisores para recibir una pluralidad de señales emitidas por dichos emisores, a fin de determinar características físicas de una planta en un entorno agrícola, de tal modo que una porción de la planta oscurece al menos una porción de la pluralidad de señales, comprendiendo dicho conjunto de sensores, adicionalmente, un dispositivo multiespectral (130) que comprende una cámara y un espectrógrafo de obtención de imágenes, de tal manera que el producto de programa informático comprende un medio de almacenamiento legible por computadora y que tiene instrucciones de código de programa

legibles por computadora, almacenadas en él, las cuales comprenden:

5 un primer conjunto de instrucciones informáticas para recibir una porción de la pluralidad de señales en dichos receptores, de tal manera que dichos receptores generan un conjunto de datos del perfil de la planta, que comprende una pluralidad de puntos de datos positivos correspondientes a una señal recibida, y una pluralidad de puntos de datos negativos correspondientes a las señales oscurecidas por la porción de la planta;

un segundo conjunto de instrucciones informáticas para generar un conjunto de datos de características de planta que contiene datos de características de la planta, basándose, al menos en parte, en los datos del perfil de la planta recibidos desde dicha pluralidad de receptores, de tal modo que el conjunto de datos de características de la planta puede ser utilizado para medir las características físicas de la planta;

10 un undécimo conjunto de instrucciones informáticas para captar una imagen multiespectral de las plantas utilizando la cámara y el espectrógrafo de obtención de imágenes, diferenciando la planta de una pluralidad de materiales circundantes al recibir la imagen de la cámara y acrecentar o potenciar las diferencias entre el material de la planta y el material de tierra circundante, según son detectados por el espectrógrafo de obtención de imágenes, a fin de generar, con ello, la imagen multiespectral de la planta; y

15 un duodécimo conjunto de instrucciones informáticas para añadir la imagen multiespectral al conjunto de datos de características de la planta.

31.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 30, en el cual dicho conjunto de sensores puede hacerse avanzar a lo largo de una hilera o fila de plantas que incluye la planta y define un eje de la fila, de tal modo que el producto de programa informático comprende, adicionalmente:

20 un tercer conjunto de instrucciones informáticas para controlar dichos emisores de manera que emitan repetidamente las señales a una velocidad de transmisión seleccionada, y en el cual dicho segundo conjunto de instrucciones informáticas comprende, adicionalmente, un cuarto conjunto de instrucciones informáticas para generar un perfil bidimensional de la planta mediante la compilación de los datos generados por dicho primer conjunto de instrucciones informáticas en una pluralidad de puntos longitudinales a lo largo del eje de la fila; y

25 un quinto conjunto de instrucciones informáticas para añadir el perfil bidimensional generado de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

32.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 30 o la reivindicación 31, que comprende adicionalmente:

30 un sexto conjunto de instrucciones informáticas para generar una imagen binaria basándose en el conjunto de datos de características de la planta;

un séptimo conjunto de instrucciones informáticas para presentar visualmente la imagen binaria a un usuario por medio de dicha interfaz de usuario; y

un octavo conjunto de instrucciones informáticas para añadir la imagen binaria al conjunto de datos de características de la planta.

35 33.- Un producto de programa informático de acuerdo con una de las reivindicaciones 30, 31 y 32, en el cual dicho conjunto de sensores comprende, adicionalmente, un sensor de distancia (140a, 140b, 140c), de tal modo que el producto de programa informático comprende adicionalmente:

un noveno conjunto de instrucciones informáticas para localizar o ubicar una posición de la porción de la planta con respecto a dicho conjunto de sensores utilizando dicho sensor de distancia; y

40 un décimo conjunto de instrucciones informáticas para añadir la posición localizada de la porción de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

34.- Un producto de programa informático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 30-33,

en el cual dicho conjunto de sensores comprende, adicionalmente, un dispositivo localizador (160) en comunicación con dicho dispositivo informático; de tal modo que el método comprende, de manera adicional:

45 un decimotercer conjunto de instrucciones informáticas para transmitir un conjunto de datos de posición desde dicho dispositivo localizador a dicho dispositivo informático con el fin de determinar una posición de la planta; y

un decimocuarto conjunto de instrucciones informáticas para añadir el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.

50 35.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 31, en el que dicho conjunto de sensores es portado por un conjunto móvil (101) que tiene al menos un eje para ruedas, y en el cual dicho conjunto de

sensores comprende, adicionalmente, un codificador (150) de corona acoplado operativamente con dicho eje para ruedas y en comunicación con dicho dispositivo informático, de tal modo que el producto de programa informático comprende, adicionalmente:

5 un decimoquinto conjunto de instrucciones informáticas para transmitir un conjunto de datos de posición desde dicho codificador de corona a dicho dispositivo informático, a fin de determinar una distancia a lo largo de la fila de plantas; y

un decimosexto conjunto de instrucciones informáticas para añadir el conjunto de datos de posición al conjunto de datos de características de la planta.

36.- Un producto de programa informático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 30-35,

10 en el cual dicho conjunto de sensores comprende, de manera adicional, un dispositivo de sistema de localización global, de tal modo que el producto de programa informático incluye, adicionalmente:

un decimoséptimo conjunto de instrucciones informáticas para determinar una posición de la planta utilizando un sistema de localización global; y

15 un decimoctavo conjunto de instrucciones informáticas para añadir la posición determinada de la planta al conjunto de datos de características de la planta.

37.- Un producto de programa informático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 30-36,

20 en el cual dicho dispositivo informático comprende, de manera adicional, un dispositivo de memoria (220), de tal modo que el producto de programa informático comprende, adicionalmente, un decimonoveno conjunto de instrucciones informáticas para almacenar en el dispositivo de memoria el conjunto de datos de características de planta de una planta conocida de interés.

38.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 37, que comprende adicionalmente un vigésimo conjunto de instrucciones informáticas para identificar la planta mediante la comparación del conjunto de datos de características de la planta generado con el conjunto de datos de características de planta almacenado, perteneciente a la planta conocida de interés.

25 39.- Un producto de programa informático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 30-38, que comprende, adicionalmente:

un vigésimo primer conjunto de instrucciones informáticas para contar el número de una pluralidad de plantas para las que se han generado una pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta; y

30 un vigésimo segundo conjunto de instrucciones informáticas para almacenar el número computado de la pluralidad de plantas.

40.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 39, que comprende adicionalmente un vigésimo tercer conjunto de instrucciones informáticas para determinar el número de la pluralidad de plantas situadas dentro de al menos una unidad física basándose, al menos en parte, en la pluralidad correspondiente de conjuntos de datos de características de planta.

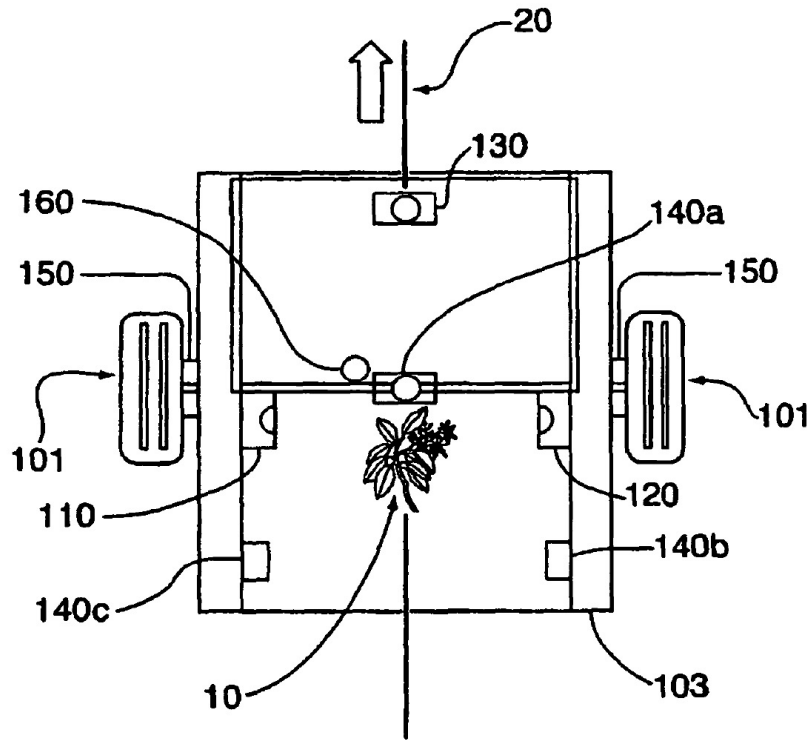
35 41.- Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 40, en el cual la al menos una unidad física se selecciona de entre el grupo consistente en:

una hilera o fila;

un terreno agrícola; y

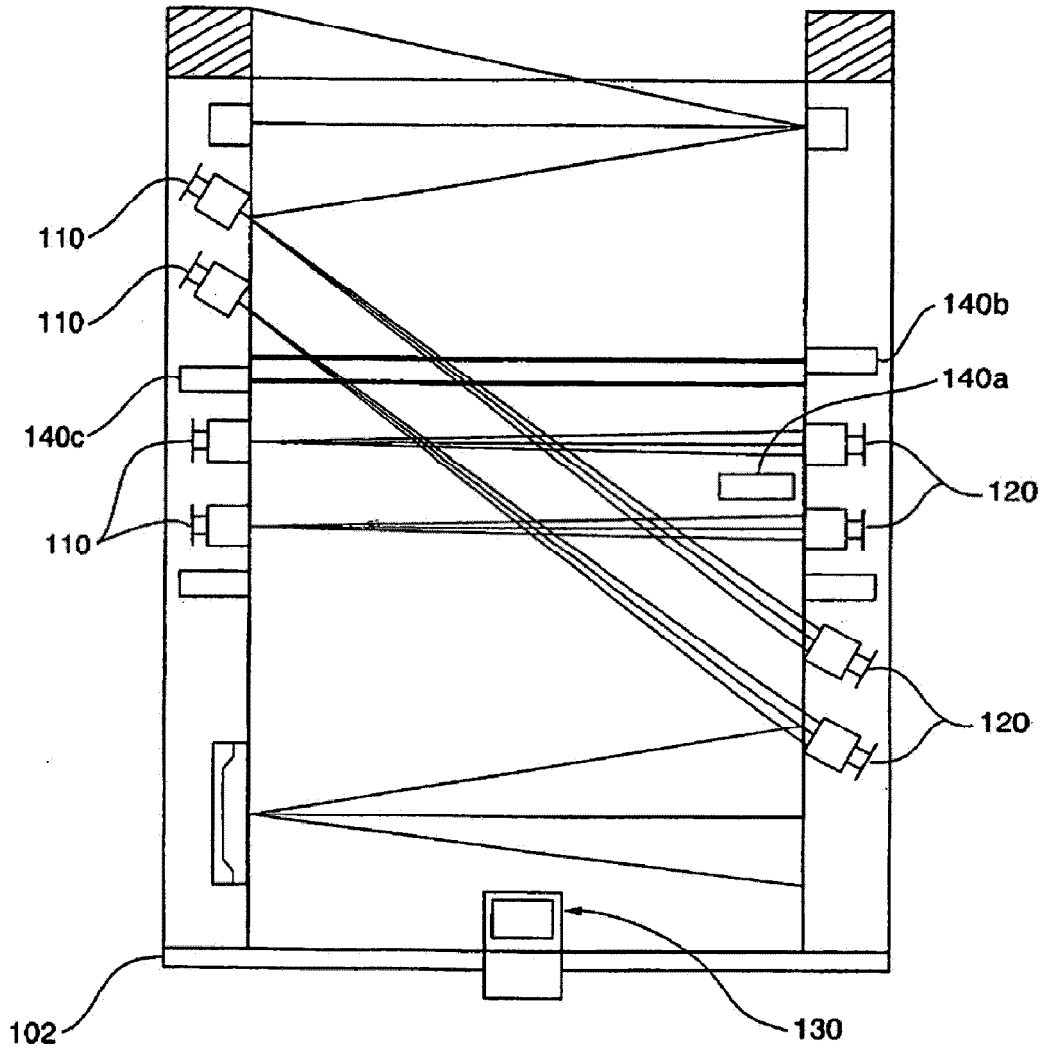
40 combinaciones de los mismos.



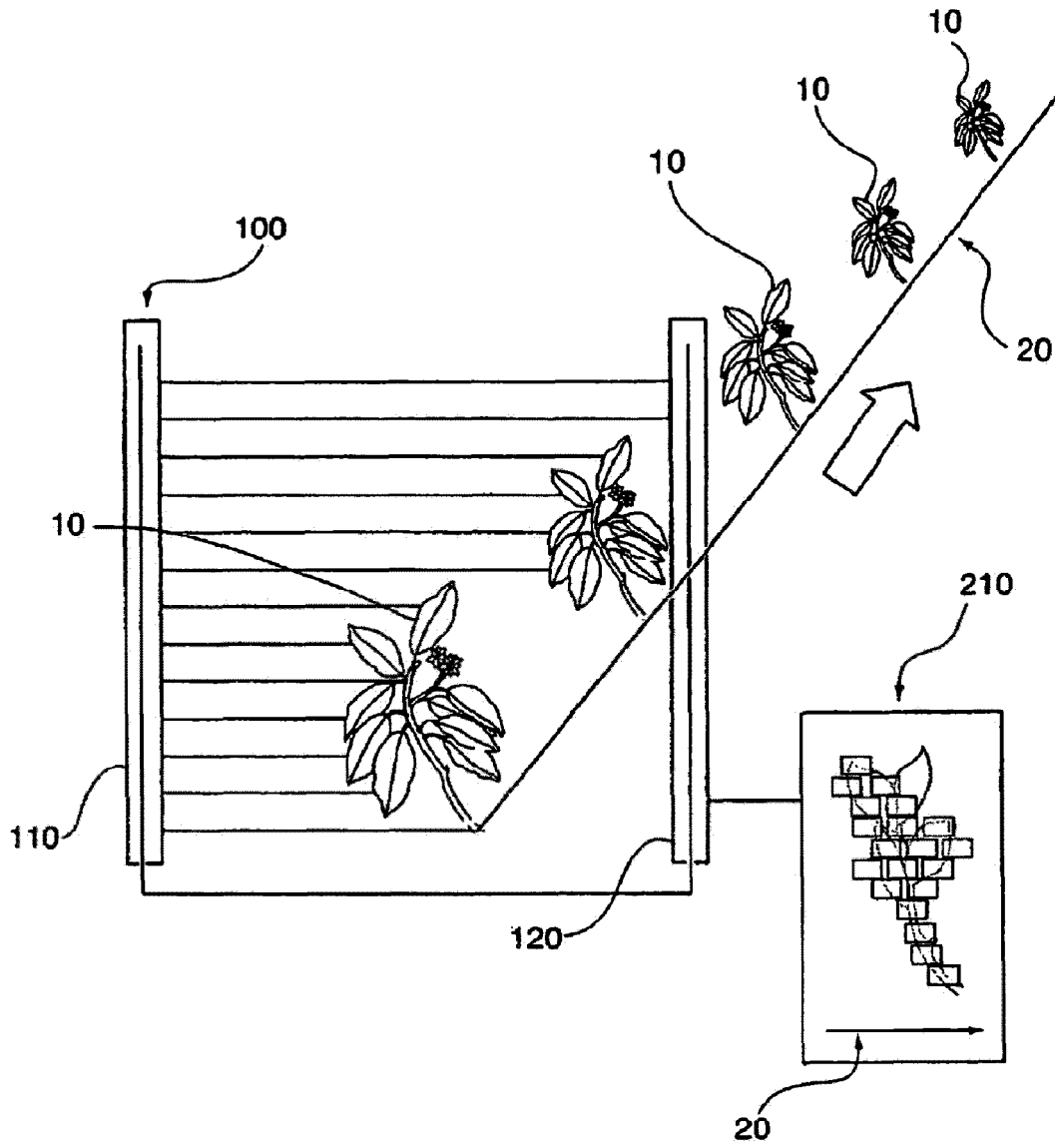


**Fig. 2**





*Fig. 3*



**Fig. 4**

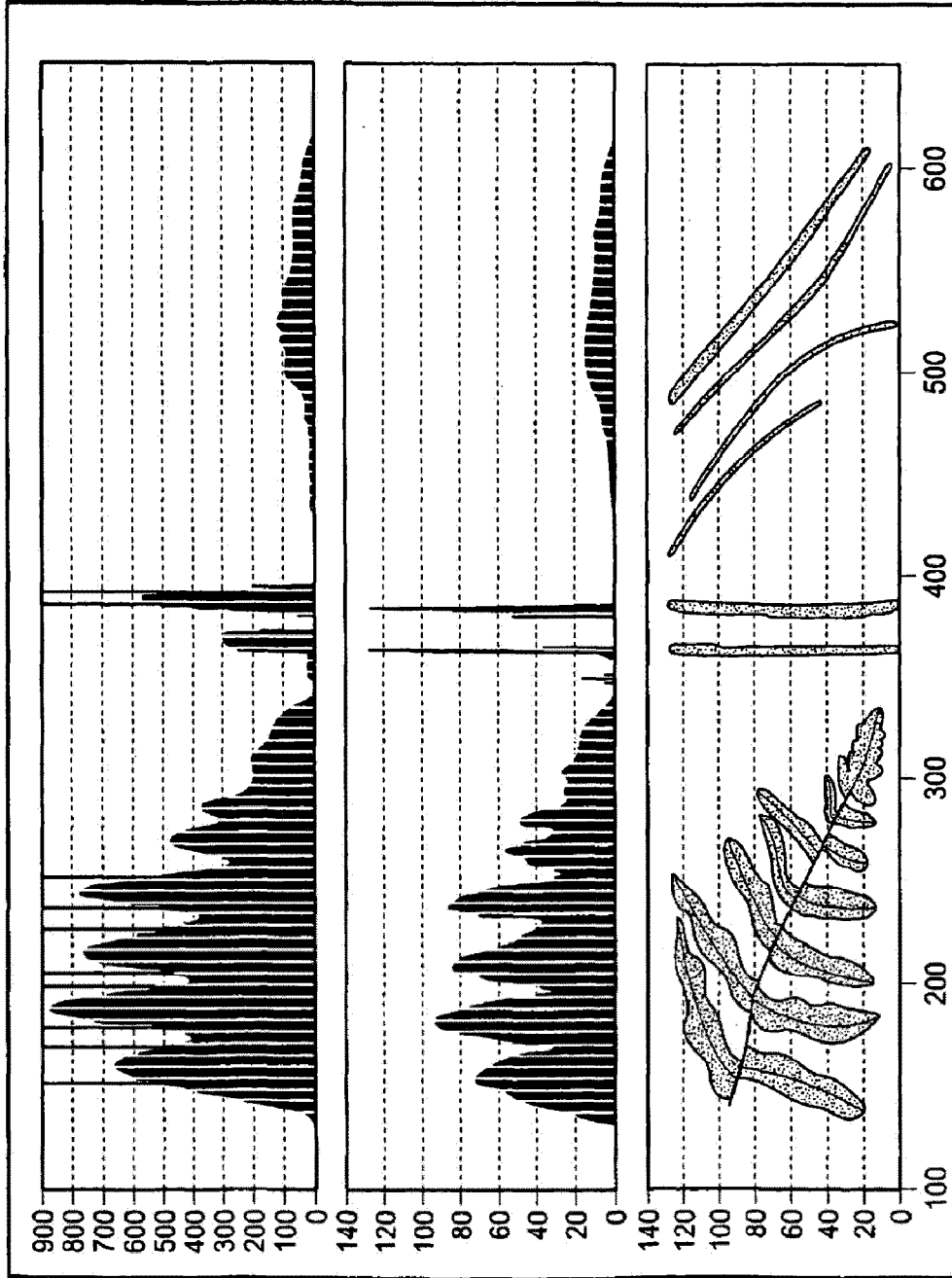


Fig. 5

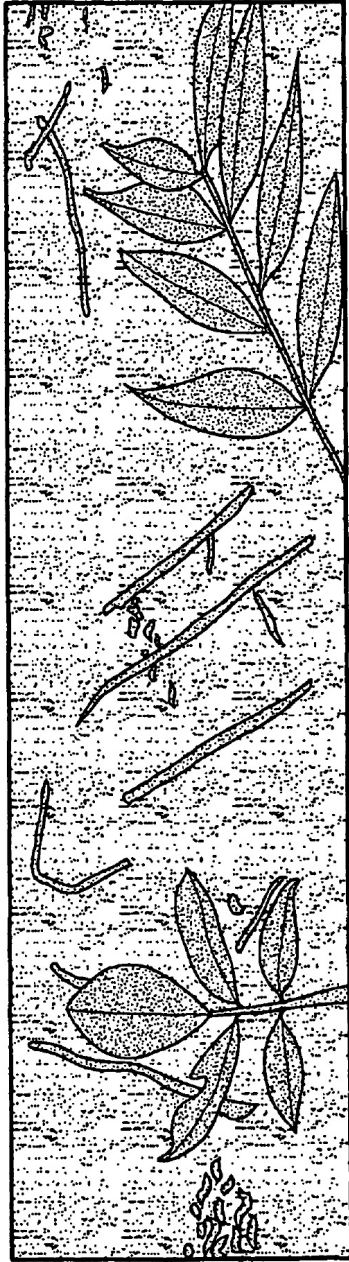


Fig. 6A

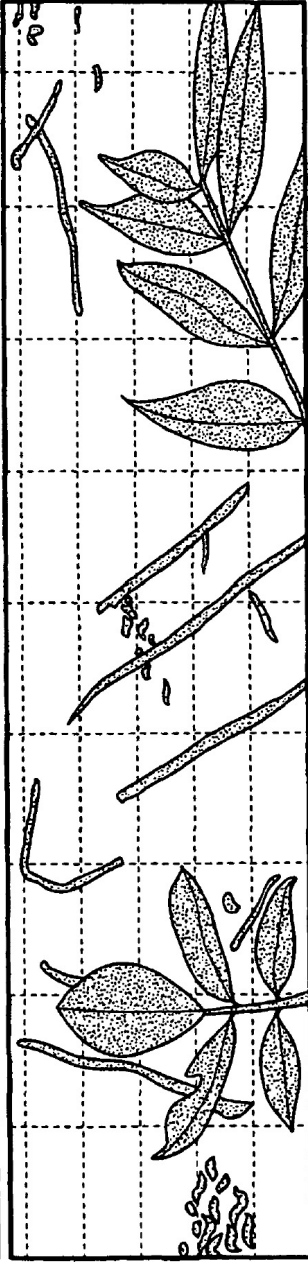


Fig. 6B

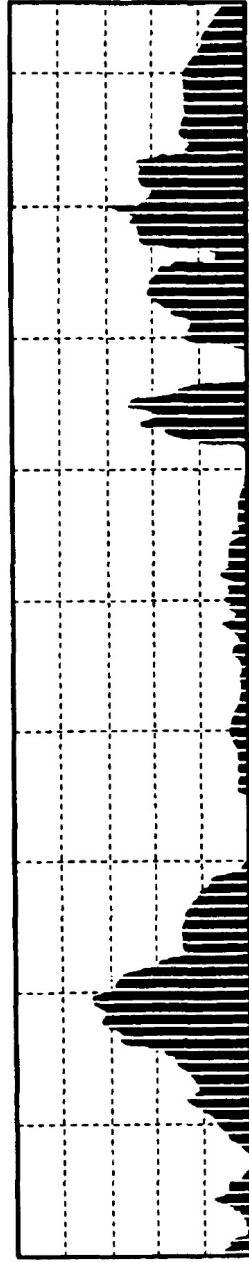
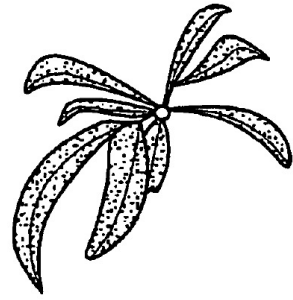


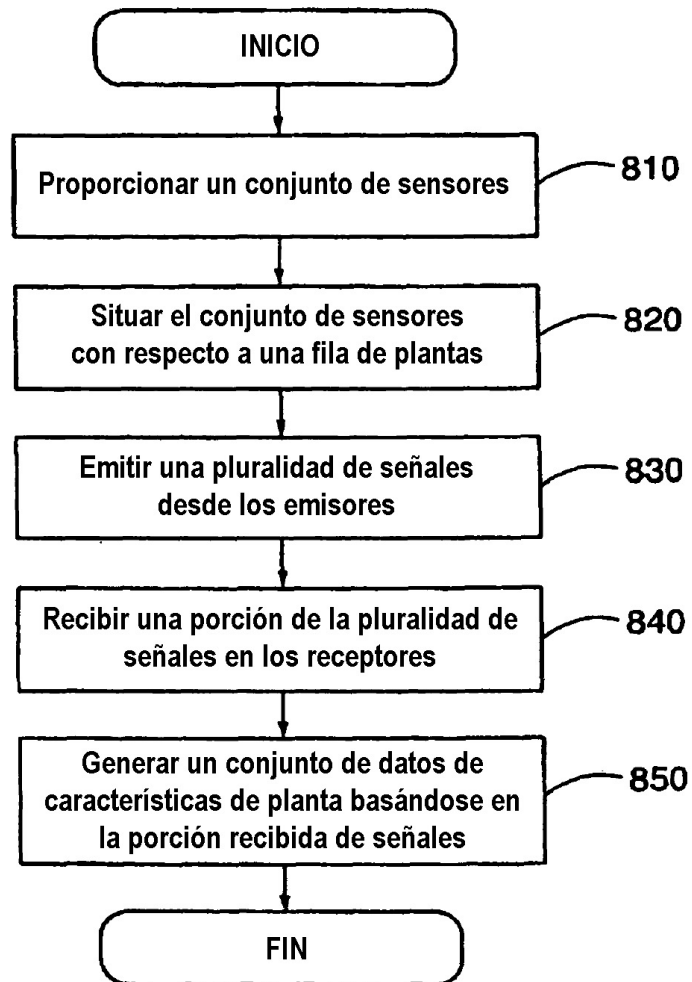
Fig. 6C



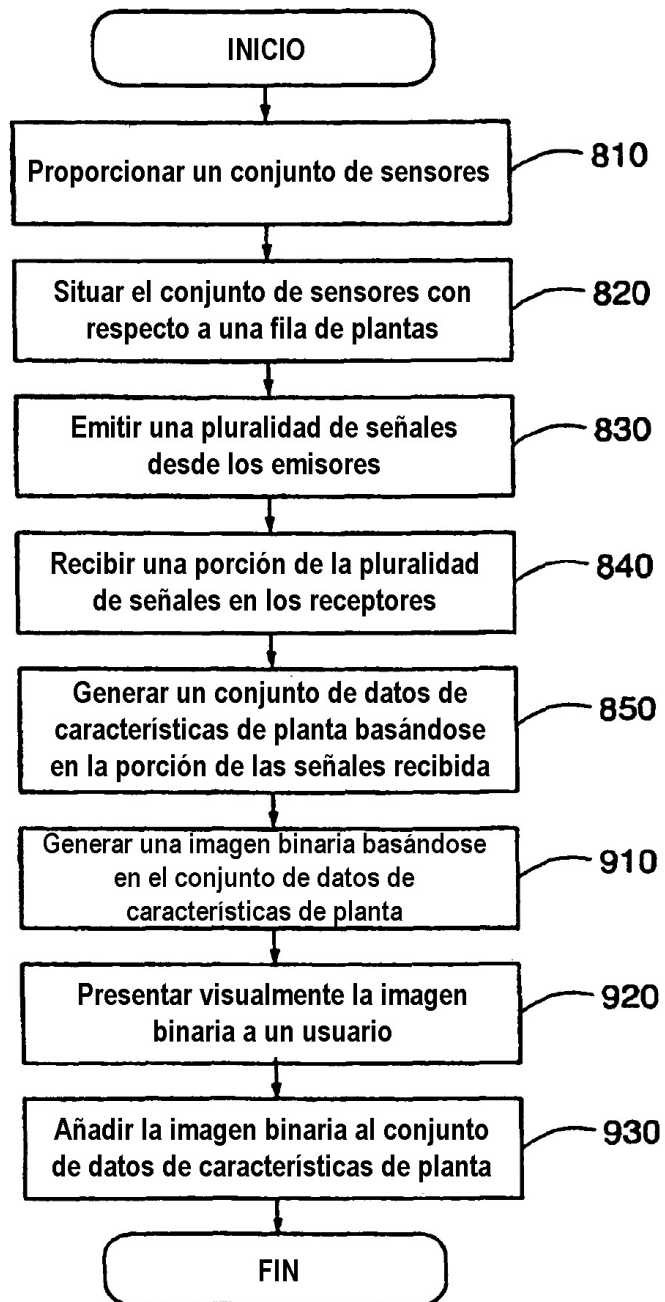
**Fig. 7A**



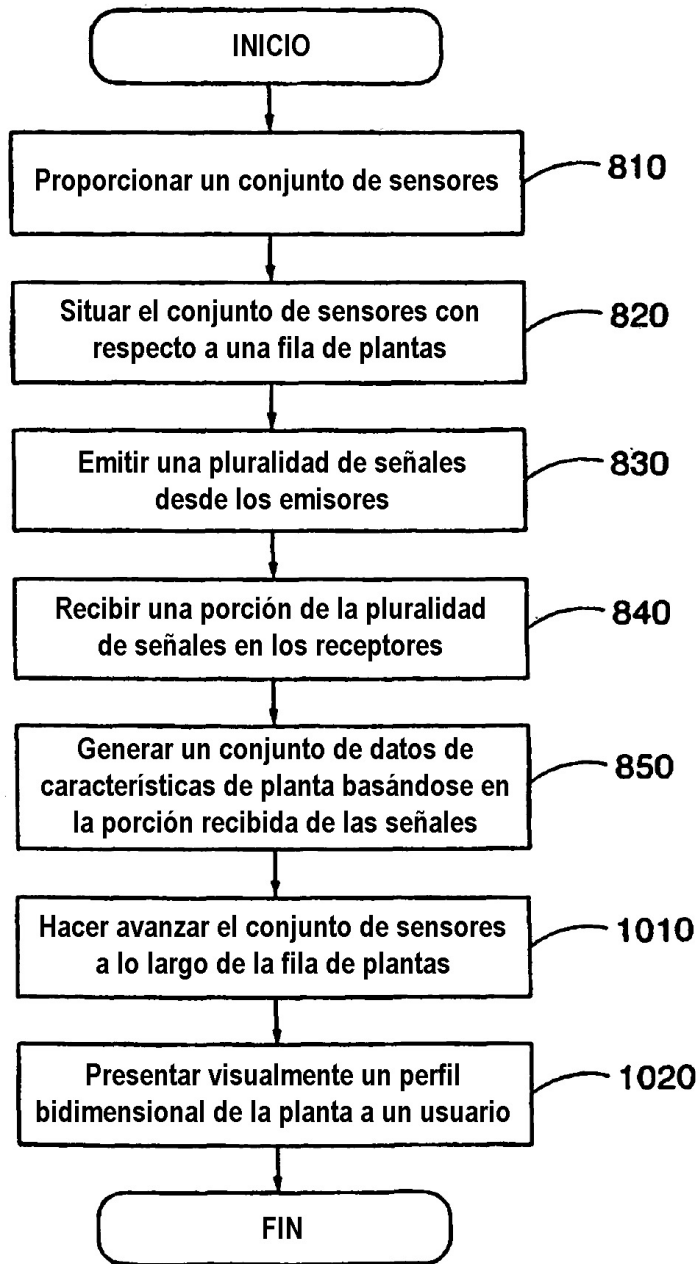
**Fig. 7B**



*Fig. 8*

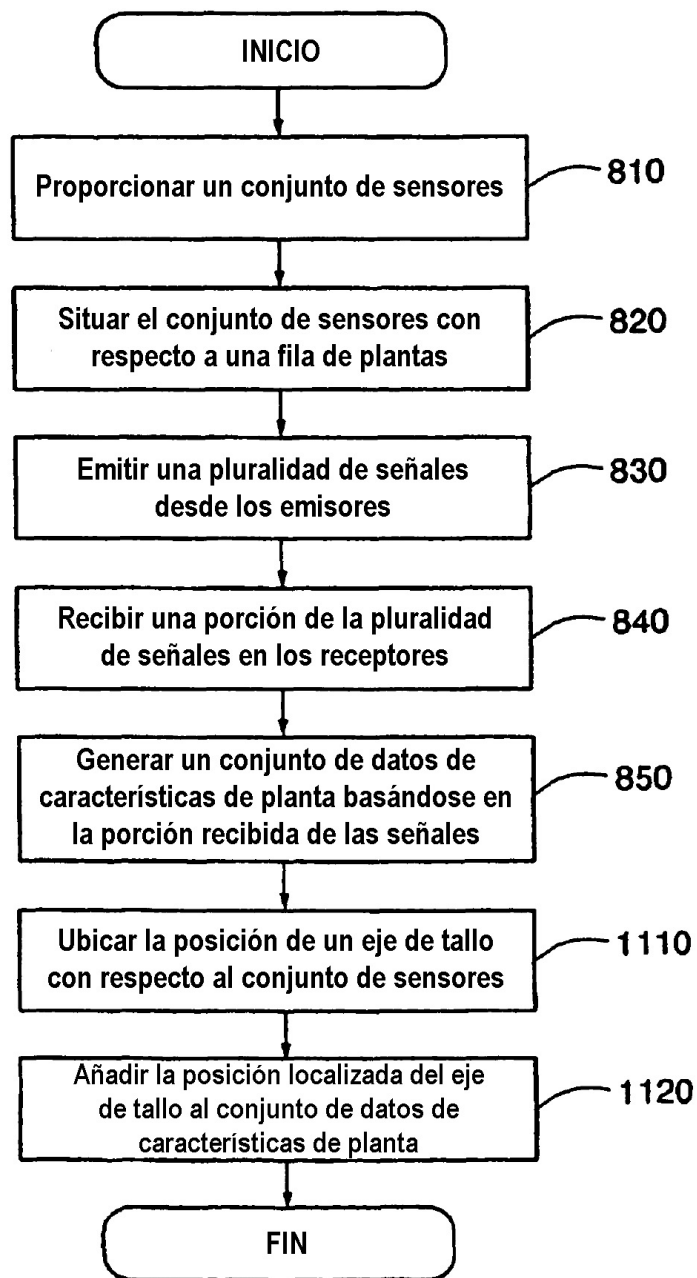


*Fig. 9*

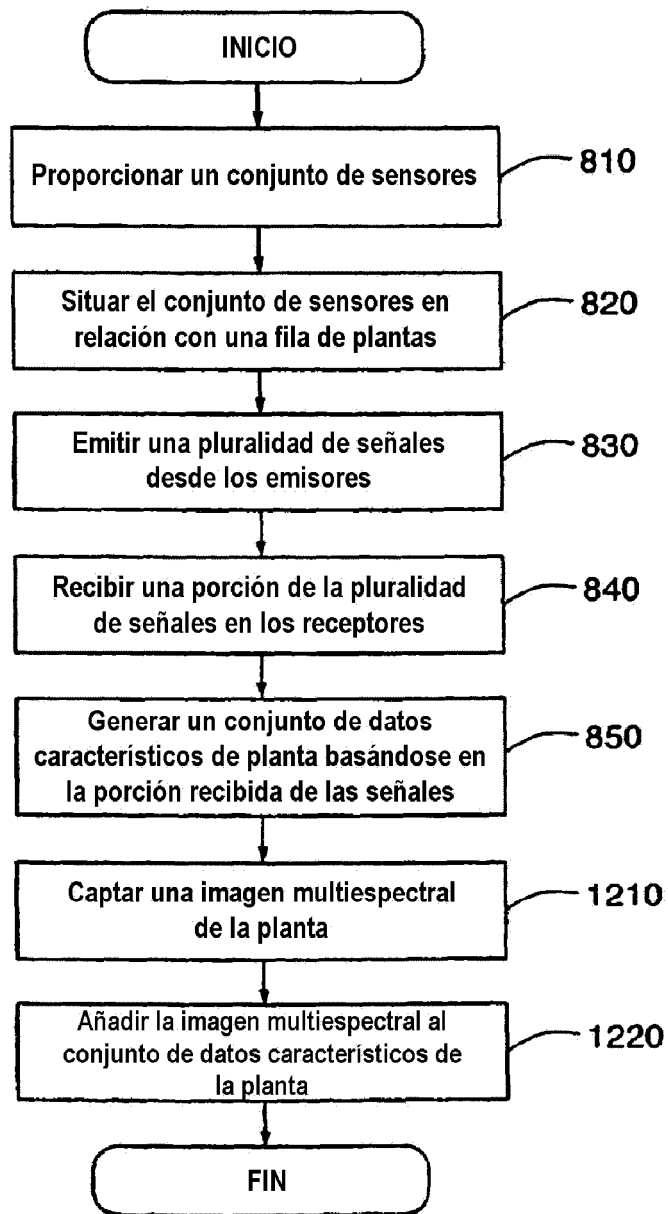


**Fig. 10**

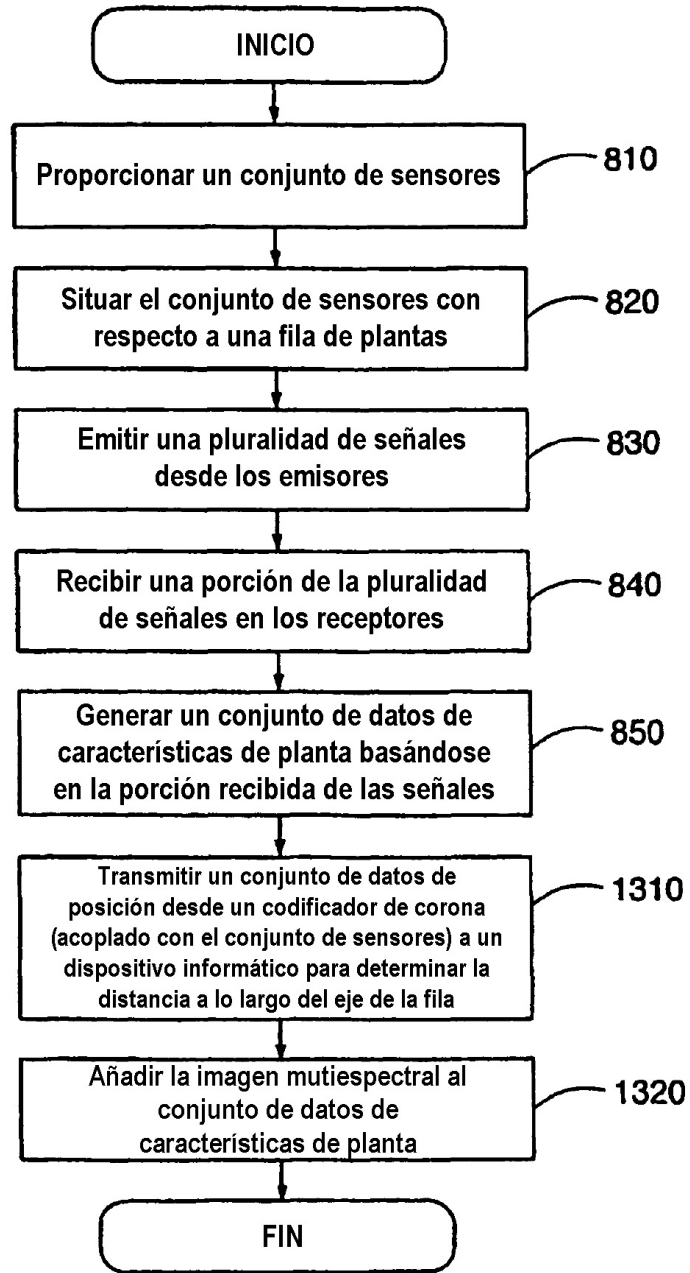




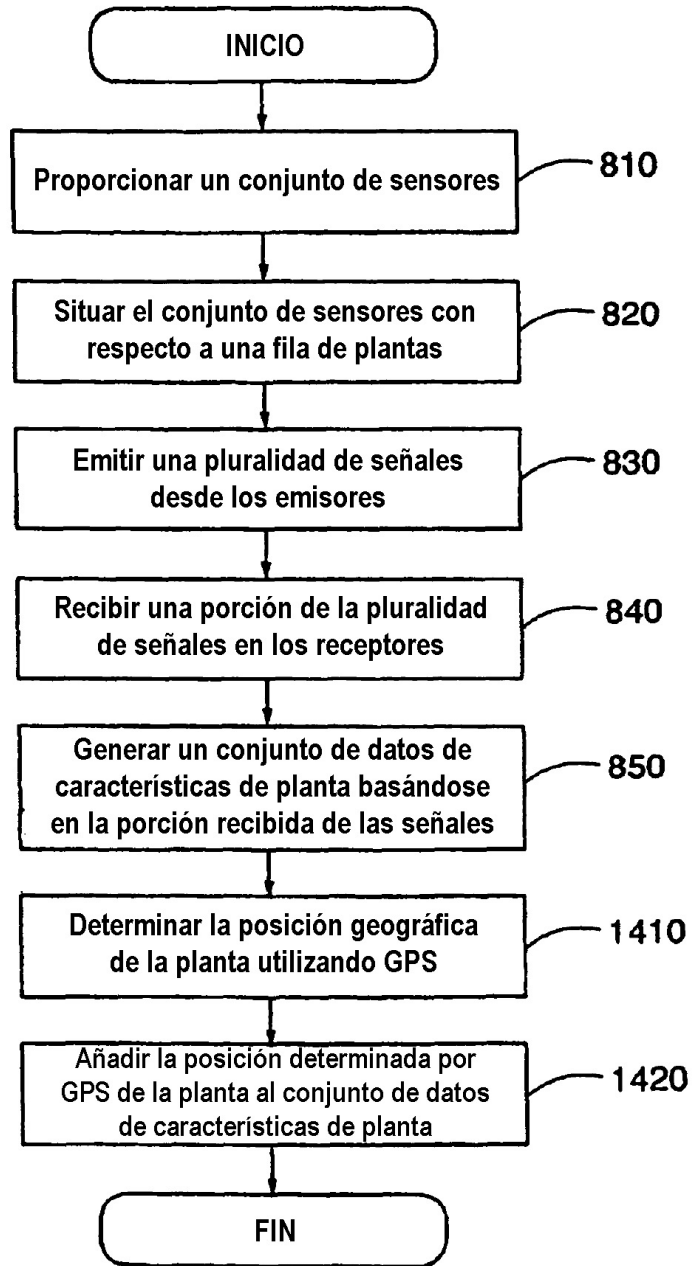
*Fig. 11*



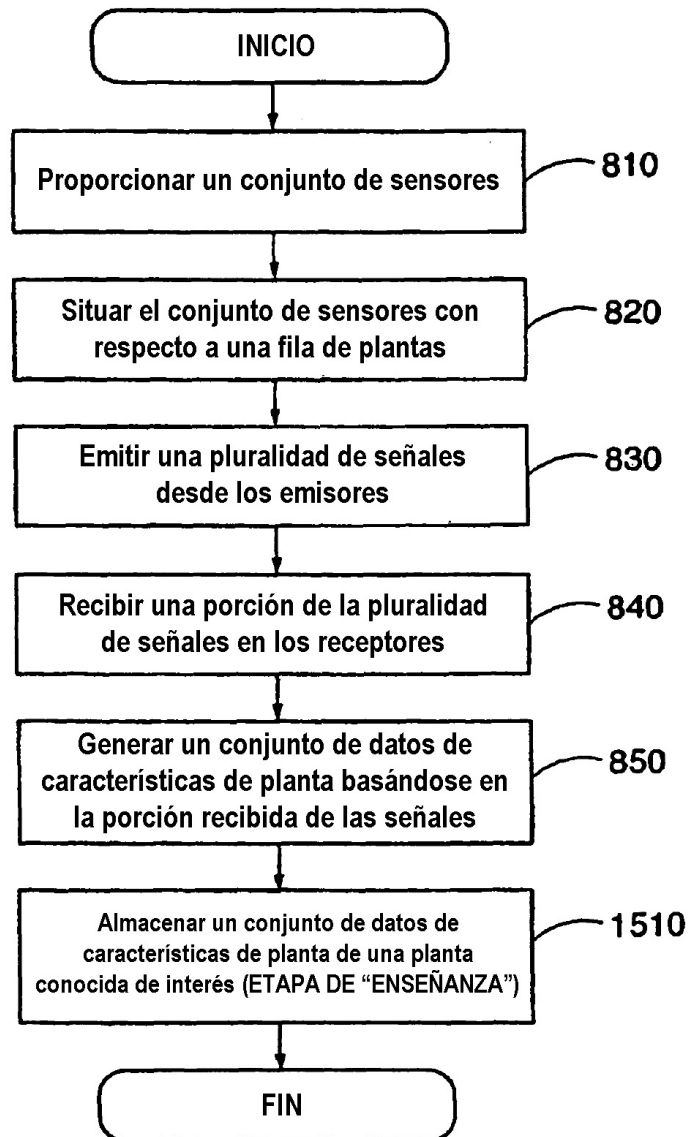
*Fig. 12*



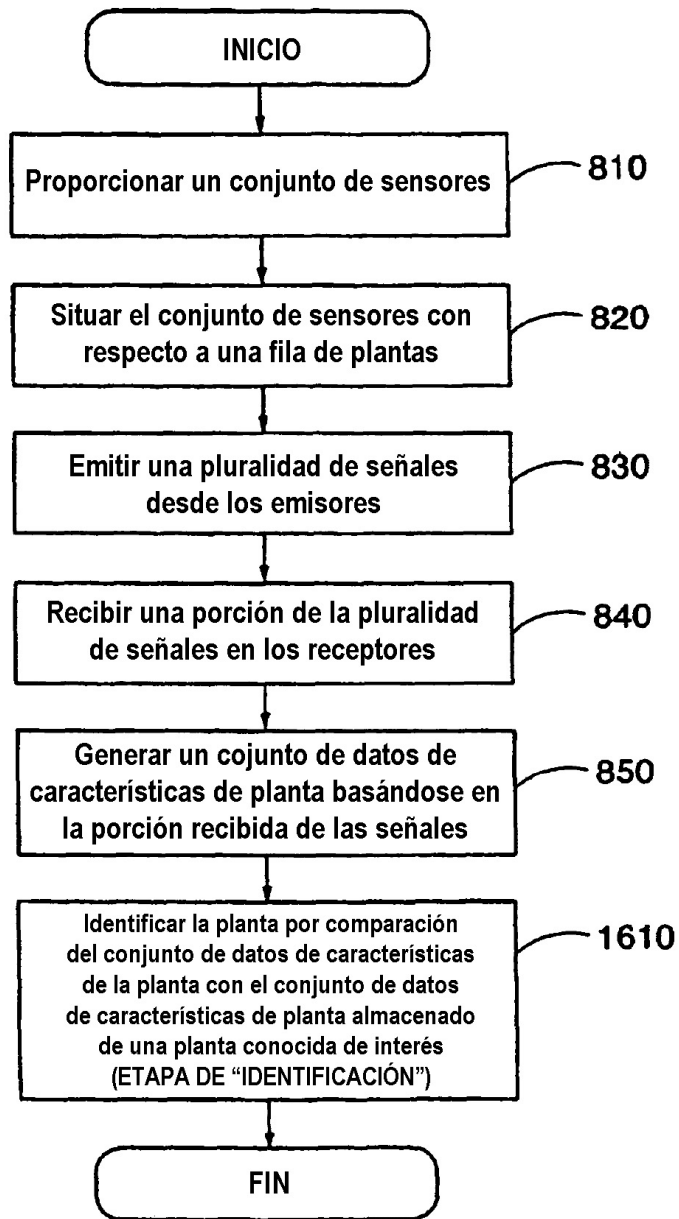
**Fig. 13**



*Fig. 14*



*Fig. 15*



*Fig. 16*