

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 943**

51 Int. Cl.:

<b>G01J 3/28</b>	(2006.01)
<b>G01J 3/10</b>	(2006.01)
<b>G01J 3/02</b>	(2006.01)
<b>G01J 3/42</b>	(2006.01)
<b>G01N 21/25</b>	(2006.01)
<b>G01N 21/84</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2020 PCT/EP2020/064784**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2020 WO20239880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2020 E 20730214 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3977073**

54 Título: **Método para estimar el contenido de clorofila de una hoja**

30 Prioridad:

**29.05.2019 EP 19177155**

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

**28.07.2023**

73 Titular/es:

**YARA INTERNATIONAL ASA (100.0%)  
Drammensveien 131  
0277 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**ALI, IDALY;  
LIM, MATTHEW;  
YEO, ROBIN;  
LOH, ZHIDE;  
IZUDDIN, MUHAMMAD y  
TWARAKAVI, NAVIN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 946 943 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

Método para estimar el contenido de clorofila de una hoja

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo y un método para estimar el contenido de clorofila de una hoja, un producto de programa informático, un medio de almacenamiento legible por ordenador, una señal eléctrica y un dispositivo informático móvil.

10

**Antecedentes**

El contenido de clorofila de las hojas de una planta está relacionado con el estado nutricional de la planta. Por ende, al medir el contenido de clorofila, se puede determinar si la planta necesita más fertilizante.

15

El SPAD-502Plus de Konica Minolta es un dispositivo de medición portátil para medir el contenido de clorofila de las hojas. SPAD-502Plus determina la cantidad relativa de clorofila presente al medir la absorbancia de la hoja en dos regiones de longitud de onda mediante el uso de dos elementos de LED (diodo emisor de luz) y un fotodiodo de silicona. Sin embargo, este dispositivo dedicado es relativamente costoso y, por lo tanto, puede no estar disponible para todos.

20

Además, el documento WO2019081729 divulga un dispositivo portátil (por ejemplo, un teléfono inteligente o tableta) para determinar un estado de una planta que comprende: un sensor de color digital de múltiples píxeles; una fuente de luz (por ejemplo, la linterna del teléfono inteligente) dispuesta para proporcionar iluminación de banda ancha, en donde la fuente de luz y el sensor de color digital de múltiples píxeles están dispuestos sustancialmente en el mismo plano; una guía de luz para guiar la luz desde dicha fuente de luz en la dirección del sensor de color digital de múltiples píxeles; un espacio muestral, proporcionado entre el sensor de color digital de múltiples píxeles y la fuente de luz, para la inserción de al menos una parte de la planta en este; y una unidad de procesamiento dispuesta para controlar al menos el sensor de color digital de múltiples píxeles y la fuente de luz. La guía de luz puede estar unida de manera extraíble al teléfono inteligente o a la tableta. La unidad de procesamiento puede estar dispuesta para controlar el sensor de color digital de múltiples píxeles y la fuente de luz para obtener una primera imagen de la parte de la planta con la fuente de luz encendida, y para obtener una segunda imagen de la parte de la planta con la fuente de luz apagada, en donde el sensor de color digital de múltiples píxeles está dispuesto para obtener al menos un componente de color rojo (R), verde (G) y azul (B), que juntos forman un conjunto de componentes de color, y en donde la unidad de procesamiento está dispuesta para realizar al menos las siguientes operaciones: (i) determinar un primer valor de color que representa una diferencia en los valores de intensidad en la primera y la segunda imagen para un primero de los componentes de color; (ii) determinar un segundo valor de color que representa una diferencia en los valores de intensidad en la primera y la segunda imagen para un segundo de los componentes de color; (iii) calcular un valor que representa un estado de la planta mediante el primer valor de color y el segundo valor de color. Si bien el dispositivo en el documento WO2019081729 puede reducir el costo ya que puede usar un teléfono inteligente o tableta existente, aún falta mejorar la versatilidad y el uso de la potencia de procesamiento.

25

30

35

40

Además, Versali *et al.* "Feasibility of using smart phones to estimate chlorophyll content in corn plants" *Photosynthetica*, diciembre de 2017, volumen 55, edición 4, págs. 603–610, divulga un teléfono inteligente y un portaluz con un LED (diodo emisor de luz) unido al teléfono inteligente, en donde se capturaron imágenes de hojas por encima del LED en un fotómetro de absorción espectral ayudado por luz. En el fotómetro de absorción espectral ayudado por luz, todas las configuraciones de la cámara del teléfono inteligente, inclusive ISO, tiempo de exposición, etc., se mantuvieron constantes. Los componentes R, G y B, así como diversos índices, se extrajeron de las imágenes adquiridas. Sin embargo, una desventaja de la solución en Versali *et al.* es que puede requerir un poco de potencia de procesamiento. Una técnica anterior adicional se divulga en DANIEL MAURICIO PINEDA-TOBÓN *ET AL.*: "Fast estimation of chlorophyll content on plant leaves using the light sensor of a smartphone", *DYNA*, vol. 84, n.º 203, 1 de octubre de 2017, páginas 233-239.

45

50

**Sumario de la invención**

55

Un objetivo de la presente invención es superar o al menos aliviar los problemas mencionados anteriormente. La invención se define mediante las reivindicaciones independientes 1, 11 y 15.

De acuerdo con un primer aspecto, un método para estimar el contenido de clorofila de una hoja comprende: proporcionar un dispositivo, en donde el dispositivo comprende: un dispositivo informático móvil que comprende una cámara digital; y un periférico unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, en donde el periférico comprende una fuente de luz alineada con la cámara digital cuando el periférico está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, de modo tal que la fuente de luz puede iluminar una lente de la cámara digital, en donde el periférico proporciona un espacio entre la fuente de luz y la cámara digital de modo tal que la hoja puede estar interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz; capturar con la cámara digital una primera imagen de la fuente de luz encendida sin la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz; recuperar datos de

60

65

5 exposición de la primera imagen; capturar con la cámara digital una segunda imagen con la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz encendida; recuperar datos de exposición de la segunda imagen; y, mediante el uso de un procesador, estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen, en donde los datos de exposición incluyen al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO. Es decir, el procesador estima el contenido de clorofila de la hoja en función de al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO de la primera y segunda imagen. El procesador puede estar incluido en el dispositivo informático móvil mencionado anteriormente. El método se puede implementar por ordenador (al menos parcialmente).

10 El periférico también puede ser un accesorio para el dispositivo informático móvil. Por ejemplo, el periférico podría comprender una sujeción en forma de U que sujeta el periférico al dispositivo informático móvil, y un soporte que soporta la fuente de luz enfrente de la cámara digital, de modo que la fuente de luz puede iluminar una lente de la cámara digital. Además, la primera y segunda imagen capturadas por la cámara digital podrían ser imágenes registradas o imágenes en vivo. En el último caso, los datos de exposición recuperados pueden ser lecturas en tiempo real del sensor de la cámara digital. Además, la primera y segunda imagen pueden ser capturadas automáticamente por la cámara digital mientras el dispositivo informático móvil le indica a un usuario que inserte/remueva la hoja.

20 La presente invención se basa en el entendimiento de que los datos de exposición, preferentemente los datos Exif, de la primera y segunda imagen con y sin la hoja convenientemente se pueden usar para estimar el contenido de clorofila de la hoja. Es decir, según el contenido de clorofila, la hoja absorberá más o menos luz emitida por la fuente de luz, que generalmente da como resultado, por ejemplo, un tiempo de exposición más prolongado y/o una apertura de diafragma más pequeña (apertura más amplia) para la segunda imagen en comparación con la primera imagen, según indican los datos de exposición. Por medio de la presente invención, la potencia de procesamiento necesaria para estimar el contenido de clorofila de la hoja se reduce en gran medida en comparación con las técnicas de análisis por imágenes más avanzadas. Por lo tanto, también se podría usar un dispositivo informático móvil menos potente y generalmente menos costoso, tales como teléfonos inteligentes de baja gama. Además, el dispositivo (método) es altamente preciso en relación con el costo. Además, dado que la fuente de luz es externa al dispositivo informático móvil y que no se usa una guía de luz, el periférico unido o unible de manera extraíble al dispositivo informático móvil y que comprende la fuente de luz se puede diseñar para que encaje en la mayoría de los dispositivos informáticos móviles que comprenden una cámara digital, lo que hace que el presente dispositivo (método) sea muy versátil.

35 Los datos de exposición pueden ser datos Exif (formato de archivo de imagen intercambiable). Exif es un estándar que especifica los formatos para imágenes utilizados por dispositivos que manipulan archivos de imagen registrados por cámaras digitales. Es conveniente usar los datos Exif en la presente invención ya que están ampliamente disponibles en muchos dispositivos informáticos móviles que comprenden una cámara digital.

40 Como se mencionó, los datos de exposición incluyen al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO. El tiempo de exposición es la duración cuando el sensor de la cámara digital se expone a luz, la apertura de diafragma es la relación de la distancia focal con respecto a la apertura en la cámara digital y el valor ISO es la "velocidad de la película".

45 El dispositivo informático móvil puede controlar la cámara digital de modo que la primera y segunda imagen se capturen con el mismo tiempo de exposición y valor ISO, y estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de cualquier cambio en la apertura de diafragma de la primera y segunda imagen. Por ejemplo, el tiempo de exposición y el valor ISO se pueden establecer en 1/125s e ISO 100, respectivamente, para ambas imágenes, mientras que la apertura de diafragma puede disminuir de, por ejemplo, 5,6 a 4 (cámara digital en modo de prioridad de obturación), en donde la disminución indica el contenido de clorofila de la hoja. Por lo general, cuanto mayor clorofila haya, mayor será la apertura necesaria (apertura de diafragma más pequeña). En otra realización, el dispositivo informático móvil puede controlar la cámara digital de modo que la primera y segunda imagen se capturen con la misma apertura de diafragma y valor ISO, y estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de cualquier cambio en el tiempo de exposición de la primera y segunda imagen (cámara digital en modo de prioridad de apertura). En cualquier caso, al mantener el tiempo de exposición y el valor ISO constantes o la apertura de diafragma y el valor ISO constantes, la cámara digital solo debe descifrar un solo parámetro (apertura de diafragma o tiempo de exposición), que puede proporcionar una estimación rápida del contenido de clorofila de la hoja.

60 Aun en otra realización, el dispositivo informático móvil puede controlar la cámara digital de modo que la primera y segunda imagen se capturen con el mismo valor de al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO. Es decir, solo uno de los tres parámetros/valores se puede mantener constante en la presente. Preferentemente, la apertura de diafragma se mantiene constante, ya que el valor ISO es más fácil de controlar, es decir, es más dinámico que la apertura de diafragma.

65 La estimación (por el dispositivo informático móvil) del contenido de clorofila de la hoja en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen puede comprender determinar valores de iluminancia de la primera y segunda imagen en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen y

determinar un valor de atenuación en función de los valores de iluminancia determinados. El valor de iluminancia (lux) se puede definir como  $lux = C * (N^2)/(S*t)$ , donde C es una constante que depende de la cámara digital, N es la apertura de diafragma, S es el valor ISO y t es el tiempo de exposición. Como se describió anteriormente, S y t pueden ser iguales para ambas imágenes, mientras que N puede variar. El valor de iluminancia se puede definir  
 5 alternativamente como  $lux = C * (2^{EV})/S$ , donde EV es el valor de exposición. El valor de exposición puede estar incluido en los datos de exposición mencionados anteriormente. El valor de atenuación se define como  $(lux_{con\ hoja})/(lux_{sin\ hoja})$ . Una ventaja de usar el valor de atenuación es que no tiene unidades y es independiente de la constante C mencionada anteriormente.

10 La estimación (por el dispositivo informático móvil) del contenido de clorofila de la hoja puede ser además en función de un espesor predefinido de la hoja, el cual es en función del tipo de cultivo y el día de siembra desde una entrada de usuario al dispositivo informático móvil. Por ejemplo, el usuario puede ingresar el tipo de cultivo (por ejemplo, trigo, arroz, maíz, etc.) y los días después de la siembra (por ejemplo, 10 o 15 días) o la semana de etapa  
 15 de siembra a través de una interfaz de usuario (por ejemplo, una pantalla táctil) del dispositivo informático móvil, por lo que el dispositivo informático móvil puede (estar configurado para) recibir el espesor de la hoja desde una tabla que muestra la media de espesor de las hojas en diferentes etapas de crecimiento. Alternativamente, el usuario podría medir el espesor real de la hoja e ingresarlo al dispositivo informático móvil.

El método puede comprender además el cálculo (por el dispositivo informático móvil) de un valor (patentado)  
 20 indicativo del contenido de clorofila de la hoja en función del valor de atenuación determinado y el espesor predefinido de la hoja. El valor patentado puede ser, por ejemplo, un valor de N-Tester. El valor de N-Tester se puede calcular como valor de N-Tester =  $peso1 * \ln(\text{valor de atenuación}) + peso2 * \text{espesor predefinido de la hoja}$ , donde ln es la función logarítmica natural. Los ensayos tempranos del presente dispositivo muestran una marcada correlación entre los resultados derivados mediante el uso de esta ecuación y N-Tester de Yara (0,769-0,811). El  
 25 cálculo del presente valor de N-Tester mediante el uso del valor de atenuación requiere solamente una única ecuación. Además, los inventores han descubierto una relación lineal entre el valor de N-Tester y el logaritmo natural del valor de atenuación, lo que significa que el valor de N-Tester se puede calcular significativamente más rápido y con menos potencia de procesamiento que las técnicas de análisis por imágenes más avanzadas. Los pesos peso1 y peso2 para una cámara digital particular se pueden calcular mediante el uso de cuatro papeles de calibración de  
 30 espesor conocido, valor de N-Tester y atenuación.

El dispositivo informático móvil puede establecer automáticamente un punto de enfoque de la cámara digital en la fuente de luz encendida (y, de ser posible, enfoque en la fuente de luz encendida) para capturar la primera imagen y  
 35 controlar la cámara digital para usar el mismo punto de enfoque al capturar la segunda imagen (es decir, la primera y segunda imagen se pueden capturar con el mismo punto de enfoque). Por lo general, esto significa que la medición de luz de la cámara digital también está "enfocada" en la fuente de luz encendida. La fuente de luz encendida es por lo general el punto más luminoso en la escena. El uso del mismo punto de enfoque puede acelerar el proceso ya que la cámara digital no debe ajustarse a la introducción de la hoja. Además, esto permite que la estimación sea independiente de la posición exacta de la hoja entre la cámara digital y la fuente de luz.

40 La fuente de luz se adapta para emitir luz al menos parcialmente absorbible por los pigmentos de clorofila, la clorofila a y la clorofila b.

45 La fuente de luz se puede adaptar para emitir luz de una única longitud de onda predeterminada, por ejemplo, 650 nm o en el rango de 640-649 nm o en el rango de 651-670 nm. 650 nm es útil ya que tanto la clorofila a como la clorofila b tienen una alta absorción de luz en esta longitud de onda.

La fuente de luz es preferentemente un LED (diodo emisor de luz).

50 La fuente de luz se puede proporcionar con guía de luz hueca, por ejemplo, un cilindro, para bloquear la luz ambiental cuando la fuente de luz se alinea con la cámara digital. Esto puede mejorar la estimación del contenido de clorofila.

El dispositivo informático móvil puede ser un teléfono inteligente o una tableta.

55 A lo largo de este documento, la imagen tomada sin la hoja interpuesta entre la fuente de luz y la cámara se denomina la primera imagen, y la imagen tomada con la hoja interpuesta entre la fuente de luz y la cámara se denomina la segunda imagen. Sin embargo, esto no implica que la imagen sin la hoja se debe tomar antes que la imagen con la hoja. Es posible primero colocar la hoja entre la fuente de luz y la cámara, capturar una imagen de la  
 60 fuente de luz encendida con la hoja interpuesta entre la fuente de luz y la cámara, remover la hoja y capturar otra imagen de la fuente de luz sin la hoja interpuesta.

De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un producto de programa informático que comprende un  
 65 código de programa informático para realizar, cuando se ejecuta en un dispositivo informático móvil, las etapas de: capturar con una cámara digital del dispositivo informático móvil una primera imagen de una fuente de luz encendida de un periférico unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, en donde la primera imagen se captura

5 sin una hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz; recuperar datos de exposición de la primera imagen; capturar con la cámara digital una segunda imagen con la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz encendida; recuperar datos de exposición de la segunda imagen; y estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen, en donde los datos de exposición incluyen al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO. El producto de programa informático puede ser un producto de programa informático no transitorio. El producto de programa informático puede ser una aplicación (para un teléfono inteligente o una tableta). Este aspecto puede exhibir las mismas características y efectos técnicos o similares que el primer aspecto, y viceversa.

10 De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende el producto de programa informático de acuerdo con el segundo aspecto.

15 De acuerdo con un cuarto aspecto, se proporciona una señal eléctrica incorporada en una onda portadora y propagada en un medio eléctrico, en donde la señal eléctrica comprende el producto de programa informático de acuerdo con el segundo aspecto.

De acuerdo con un quinto aspecto, se proporciona un dispositivo informático móvil que comprende el medio de almacenamiento legible por ordenador de acuerdo con el tercer aspecto.

20 De acuerdo con un sexto aspecto, se proporciona un dispositivo para estimar el contenido de clorofila de una hoja, en donde el dispositivo comprende: un dispositivo informático móvil que comprende una cámara digital; y un periférico unido o unible de manera extraíble al dispositivo informático móvil, en donde el periférico comprende una fuente de luz alineada con la cámara digital cuando el periférico está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, en donde el dispositivo informático móvil está configurado para recuperar datos de exposición de una primera imagen de la fuente de luz encendida, en donde la primera imagen es capturada por la cámara digital sin la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz, recuperar datos de exposición de una segunda imagen capturada por la cámara digital con la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz encendida, y estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen. Este aspecto puede exhibir las mismas características y efectos técnicos o similares que cualquiera de los otros aspectos, y viceversa.

### Breve descripción de los dibujos

35 Estos y otros aspectos se describirán a continuación con mayor detalle, con referencia a los dibujos adjuntos que muestran una realización actualmente preferida de la invención.

Las Figuras 1a-b son vistas laterales esquemáticas de un dispositivo de acuerdo con una realización.

40 Las Figuras 2a-b son vistas en perspectiva de un periférico del dispositivo de las Figuras 1a-b de acuerdo con una realización.

Las Figuras 3a-b son vistas en perspectiva de un periférico del dispositivo de las Figuras 1a-b de acuerdo con otra realización.

45 La Figura 4 es un gráfico que ilustra un rendimiento de ejemplo de las presentes realizaciones.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una o más realizaciones.

### Descripción detallada

50 Las Figuras 1a-b son vistas laterales esquemáticas de un dispositivo 10 para estimar el contenido de clorofila de una hoja 12 de acuerdo con una realización.

55 El dispositivo 10 comprende un dispositivo informático móvil 14. El dispositivo informático móvil 14 puede ser portátil. El dispositivo informático móvil 14 puede ser, por ejemplo, un teléfono inteligente (por ejemplo, un iPhone o un teléfono Android) o una tableta (por ejemplo, un iPad).

60 El dispositivo informático móvil 14 comprende una cámara digital 16 como se detalla adicionalmente a continuación. Además, el dispositivo informático móvil 14 puede comprender un procesador, una memoria, un almacenamiento y una interfaz de usuario. La interfaz de usuario puede comprender una pantalla táctil.

65 Por ejemplo, la cámara digital 16 puede estar dispuesta en la parte posterior del dispositivo informático móvil 14. La cámara digital 16 puede incluir un sensor, una lente, una funcionalidad de medición de luz (para controlar la exposición) y funcionalidad de autoenfoco. La cámara digital 16 puede estar configurada para proporcionar datos de exposición, a saber, datos Exif, de imágenes capturadas por la cámara digital 16. Las imágenes capturadas podrían ser imágenes registradas (por ejemplo, almacenadas en el almacenamiento mencionado anteriormente) y/o

imágenes en vivo (es decir, lecturas del sensor en tiempo real). Los datos Exif pueden incluir el tiempo de exposición, el apertura de diafragma (apertura) y el valor ISO.

5 El dispositivo 10 comprende además un periférico 18. El periférico 18 también puede ser un accesorio para el dispositivo informático móvil 14. El periférico 18 está unido de manera extraíble o es unible de manera extraíble al dispositivo informático móvil 14 y comprende una fuente de luz 20 alineada con la cámara digital 14 cuando el periférico 18 está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil 14. Como se ilustra, el periférico 18 proporciona un espacio 19 entre la fuente de luz 20 y la cámara digital 16. La fuente de luz 20 está adaptada para emitir luz 21 de una única longitud de onda predeterminada, aquí 650 nm, es decir, luz roja visible. La fuente de luz 10 20 es preferentemente al menos un LED (diodo emisor de luz). El periférico 18 también puede comprender una batería conectada de manera eléctrica a la fuente de luz 20 y adaptada para alimentar la fuente de luz 20. El periférico 18 también puede comprender un conmutador que permite a un usuario encender/apagar la fuente de luz 20. Como tal, el periférico 18 puede ser autónomo y estar conectado de manera mecánica solamente al dispositivo informático móvil 14.

15 Con referencia adicional a las Figuras 2a-b, el periférico 18 puede comprender una sujeción en forma de U 22 que sujeta el periférico 18 al dispositivo informático móvil 14. La sujeción 22 comprende una primera pata 24a lindante con la parte posterior del dispositivo informático móvil 14 y una segunda pata curva 24b con una porción de extremo distal 26b lindante con la parte delantera del dispositivo informático móvil 14. La sujeción 22 puede ser algo flexible para que los dispositivos informáticos móviles tengan diferentes profundidades. La sujeción 22 puede ser, por ejemplo, de plástico. La primera pata 24a comprende una apertura 25 que expone la lente de la cámara digital 16. La apertura 25 también puede funcionar como un parasol para la cámara digital 16. El periférico 18 comprende además un soporte 28 conectado a la porción de extremo distal 26a de la primera pata 24a y que soporta la fuente de luz 20 enfrente de la cámara digital 16. El soporte 28 puede estar dispuesto por encima de la primera pata 24a. El soporte 28 soporta la fuente de luz 20 y la alinea con la cámara digital 16 de modo que la fuente de luz 20 puede iluminar la lente de la cámara digital 16 y de modo que la fuente de luz 20 está dentro del campo visual de la cámara digital 16. La hoja 12 se puede colocar entre el soporte 28 y la primera pata 24a de modo que la hoja 12 esté interpuesta (ubicada) entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20. Además, el soporte 28 puede estar conectado de manera giratoria a la primera pata 24a de modo que se puede elevar temporalmente para facilitar la colocación de la hoja 12.

20 En otra realización del periférico mostrado en las Figuras 3a-b, el soporte 28 está dispuesto sustancialmente perpendicular a la primera pata 24a, y la primera pata 24a aquí no necesita tener una apertura 25. Además, la fuente de luz 20 se puede proporcionar con un "parasol" en forma de un cilindro 30 (hueco circular derecho) para bloquear la luz ambiental.

25 Por otra parte, el dispositivo informático móvil 14 puede estar configurado para realizar diversas etapas o acciones específicas detalladas a continuación por medio de una aplicación 32 (producto de programa informático). La aplicación 32 se puede descargar en el dispositivo informático móvil 14 y almacenar en el almacenamiento mencionado anteriormente del dispositivo informático móvil 14. La aplicación 32 se puede ejecutar en el dispositivo informático móvil 14 mediante el uso del procesador y la memoria mencionados anteriormente del dispositivo informático móvil 14.

30 Específicamente, el dispositivo informático móvil 14 está configurado para recuperar datos de exposición de una primera imagen 34a de la fuente de luz 20 encendida, en donde la primera imagen 34a es capturada por la cámara digital 16 sin la hoja 12 interpuesta entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20 (Figuras 1a, 2a y 3a). Los datos de exposición recuperados pueden incluir el tiempo de exposición, la apertura de diafragma (apertura) y el valor ISO, por ejemplo, 1/1000s, 2,8 e ISO 100.

35 La primera imagen 34a puede ser capturada de manera automática por la cámara digital 16, mientras que el dispositivo informático móvil 14 le indica al usuario que remueva cualquier hoja 12 ubicada entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20. Con este fin, se puede visualizar, por ejemplo, un mensaje adecuado ("remover la hoja") en la pantalla táctil mencionada anteriormente del dispositivo informático móvil 14.

40 Además, el dispositivo informático móvil 14 se puede configurar para establecer de manera automática un punto de enfoque 36 de la cámara digital 16 en el centro de la fuente de luz 20 encendida para capturar la primera imagen 34a. Esto puede incluir: realizar un filtro de paso bajo gaussiano, conversión de RGB a HSV (tonalidad, saturación, valor), filtro de paso bajo rojo, extraer contornos mediante el seguidor de bordes de Suzuki, extraer el cuadro delimitador con área pequeña y encontrar el centro del cuadro delimitador. Establecer el punto de enfoque 36 en la fuente de luz 20 encendida también puede "enfocar" la medición de luz de la cámara digital 16 en la fuente de luz 20 encendida.

45 El dispositivo informático móvil 14 está configurado además para recuperar datos de exposición de una segunda imagen 34b capturada por la cámara digital 16 con la hoja 12 interpuesta entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20 encendida aún alineada con la cámara digital 16 (Figuras 1b, 2b y 3b), como se analizará con mayor detalle más adelante.

La segunda imagen puede ser capturada de manera automática por la cámara digital 16, mientras que el dispositivo informático móvil 14 le indica al usuario que ubique la hoja 12 entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20. Además, el dispositivo informático móvil 14 se puede configurar para controlar la cámara digital 16 para usar el mismo punto de enfoque 36 al capturar la segunda imagen 34b, y de modo que la primera y segunda imagen 34a-b son capturadas con al menos el mismo valor ISO, por ejemplo, ISO 100, mientras que el tiempo de exposición y la apertura de diafragma son seleccionados por la cámara digital 16 mediante la funcionalidad de medición de luz para obtener la exposición correcta (cámara digital 16 en modo de programa). El tiempo de exposición y la apertura de diafragma seleccionados pueden ser, por ejemplo, 1/60s y 1,3. Por lo tanto, los datos de exposición recuperados de la segunda imagen 34b pueden incluir, por ejemplo, 1/60s, 1,3 e ISO 100. Se observa en la presente que el tiempo de exposición ha aumentado de 1/1000s a 1/60s y que la apertura de diafragma ha cambiado de 2,8 a 1,3 (es decir, se usó una apertura más amplia para la segunda imagen 34b).

El dispositivo informático móvil 14 está configurado además para estimar el contenido de clorofila de la hoja 12 en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen 34a-b.

Específicamente, el dispositivo informático móvil 14 puede estar configurado para determinar valores de iluminancia de la primera y segunda imagen 34a-b en función de los datos de exposición recuperados de la primera y segunda imagen 34a-b y para determinar un valor de atenuación en función de los valores de iluminancia determinados. El valor de iluminancia (lux) se puede definir como  $lux = C * (N*N)/(S*t)$ , donde C es una constante que depende de la cámara digital, N es la apertura de diafragma, S es el valor ISO y t es el tiempo de exposición. Con los datos de exposición de ejemplo presentados anteriormente,  $lux_{sin\ hoja} = 78,39 * C$  (primera imagen) y  $lux_{con\ hoja} = 1,014 * C$  (segunda imagen). El valor de atenuación se define como  $(lux_{con\ hoja})/(lux_{sin\ hoja})$ . Con los datos de exposición de ejemplo presentados anteriormente, el valor de atenuación es de 0,0129. Notablemente, el valor de atenuación es independiente de C.

El dispositivo informático móvil 14 puede estar configurado además para calcular un valor de N-Tester en función del valor de atenuación determinado y un espesor predefinido de la hoja 12, en donde el valor de N-Tester indica el contenido de clorofila. El espesor predefinido de la hoja 12 puede ser en función del tipo de cultivo y el día de siembra según son ingresados por el usuario al dispositivo informático móvil 14. Por ejemplo, el usuario puede ingresar el tipo de cultivo (por ejemplo, trigo, arroz, maíz, etc.) y los días después de la siembra (por ejemplo, 90 o 105 días) o la semana de etapa de siembra a través la pantalla táctil mencionada anteriormente del dispositivo informático móvil 14. El "trigo" y la semana de etapa de cultivo 4 podrían producir, por ejemplo, un espesor de la hoja de 0,2886 mm.

El valor de N-Tester se puede calcular como  $valor\ de\ N-Tester = peso1 * \ln(valor\ de\ atenuación) + peso2 * espesor$  predefinido de la hoja, en donde los pesos peso1 y peso2 para una cámara digital particular 14 se pueden calcular mediante el uso de cuatro papeles de calibración de espesor conocido, valor de N-Tester y valor de atenuación.

La Figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre el algoritmo natural de los valores de atenuación (obtenidos de un ensayo de la presente invención) y valores de N-Tester (calculados) obtenidos de un ensayo de las presentes realizaciones.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un método para estimar el contenido de clorofila de una hoja 12. El método se puede realizar, por ejemplo, mediante el dispositivo 10. Por lo tanto, el método puede corresponder al funcionamiento del dispositivo 10.

El usuario puede iniciar el método al unir el periférico 18 al dispositivo informático móvil 14 y encender la fuente de luz 20 (etapa S1).

El dispositivo informático móvil 14 puede indicarle al usuario que remueva cualquier hoja 12 ubicada entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20 (etapa S2).

El dispositivo informático móvil 14 puede entonces establecer de manera automática el punto de enfoque 36 de la cámara digital 16 en la fuente de luz 20 encendida para capturar la primera imagen 34a (etapa S3).

El dispositivo informático móvil 14 puede entonces capturar de manera automática la primera imagen 34a de la fuente de luz 20 encendida sin la hoja 12 interpuesta entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20 (etapa S4).

En la etapa S5, el método comprende recuperar datos de exposición de la primera imagen 34a. Los datos de exposición recuperados se pueden almacenar en la memoria y/o el almacenamiento del dispositivo informático móvil 14.

El dispositivo informático móvil 14 puede luego indicarle al usuario que coloque la hoja 12 entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20 (etapa S6). El usuario puede (en este punto) colocar la hoja 12 en el espacio 19 entre la cámara digital 16 y la fuente de luz 20.

En la etapa S7, el dispositivo informático móvil 14 puede establecer que el punto de enfoque, el tiempo de exposición y el valor ISO de la cámara digital 16 sean iguales para la primera imagen 34a.

5 El dispositivo informático móvil 14 puede luego, en la etapa S8, capturar de manera automática la segunda imagen 34b con la hoja 12 interpuesta entre la cámara digital 14 y la fuente de luz 20 encendida, mediante las mismas configuraciones de la etapa S7.

10 La primera y segunda imagen 34a-b son capturadas preferentemente de manera consecutiva. Además, el tiempo entre las capturas de la primera y segunda imagen 34a-b es preferentemente menor de 1 hora, en particular menor de 30 min. Además, el brillo y la posición de la fuente de luz 20 se mantiene preferentemente constante para las dos imágenes 34a-b.

15 En la etapa S9, el método comprende recuperar datos de exposición de la segunda imagen 34b. Los datos de exposición recuperados se pueden almacenar en la memoria y/o el almacenamiento del dispositivo informático móvil 14.

20 El dispositivo informático móvil 14 puede entonces determinar los valores de iluminancia de la primera y segunda imagen 34a-b en función de los datos de exposición recuperados en las etapas S5 y S9, y a partir de ahí determinar el valor de atenuación (etapa S10).

25 Además, el usuario puede ingresar el tipo de cultivo y los días después de la siembra (o semana de etapa de cultivo) a través de la pantalla táctil mencionada anteriormente del dispositivo informático móvil 14, por lo que el dispositivo informático móvil 14 puede recuperar el espesor predeterminado de la hoja 12 (etapa S11).

En la etapa S12, el dispositivo informático móvil 14 puede calcular el valor de N-Tester en función del valor de atenuación determinado en la etapa S10 y el espesor predefinido de la hoja de la etapa S11.

30 A partir del valor de N-Tester calculado, se puede determinar si la planta de la que proviene la hoja 12 necesita más fertilizante. El valor de N-Tester calculado se podría presentar, por ejemplo, en la pantalla táctil del dispositivo informático móvil 14. Los valores de N-Tester calculados también se podrían transmitir de manera remota al dispositivo 10/14, por ejemplo, junto con datos de ubicación de GPS y/u otros datos disponibles en el dispositivo informático móvil 14.

35 Se puede hacer referencia a las etapas S10-S12 en conjunto como estimar el contenido de clorofila de la hoja 12 en función (al menos parcialmente) de los datos de exposición de la primera y segunda imagen 34a-b.

40 La persona del oficio de nivel medio se da cuenta de que la presente invención no está limitada de manera alguna a las realizaciones descritas anteriormente. Por el contrario, son posibles muchas modificaciones y variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

45 Por ejemplo, el lugar de establecer el tiempo de exposición y el valor ISO en la etapa S7, el dispositivo informático móvil 14 puede establecer que la apertura de diafragma y el valor ISO de la cámara digital 16 sean iguales para la primera imagen 34a, mientras que el tiempo de exposición para la segunda imagen 34b es seleccionado por la cámara digital 16 mediante la funcionalidad de medición de luz para obtener la exposición correcta (cámara digital 16 en modo de prioridad de apertura). Esto puede ser útil en caso de que la cámara digital 16 tenga una apertura fija. Como otras alternativas, solo se usa el mismo valor ISO (como en el ejemplo en la página 12) o la misma apertura de diafragma.

50 Además, al menos algunas etapas en el método de la Figura 5 no tienen que ser realizadas en el orden exacto mostrado en la Figura 5. Por ejemplo, el valor de iluminancia de la primera imagen 34a se podría determinar directamente después de la etapa S5. Además, el usuario podría ingresar el tipo de cultivo y los días después de la siembra de manera temprana en el método. Además, la segunda imagen 34b se podría capturar antes que la primera imagen 34a.

55 Además, la captura por la cámara digital de la segunda imagen con la hoja interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz encendida y la recuperación de datos de exposición de la segunda imagen podrían incluir la captura de al menos dos imágenes de diferentes porciones de la hoja y la recuperación de los datos de exposición (promedio) de esas imágenes.

60 Además, el periférico 18 se podría proporcionar sin el dispositivo informático móvil 14.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para estimar el contenido de clorofila de una hoja (12), método que comprende:

5 proporcionar un dispositivo (10), en donde el dispositivo (10) comprende: un dispositivo informático móvil (14) que comprende una cámara digital (16); y un periférico (18) unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, comprendiendo el periférico una fuente de luz (20) alineada con la cámara digital (16) cuando el periférico (18) está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil (14) de modo tal que la fuente de luz (20) puede iluminar una lente de la cámara digital (16), en donde la fuente de luz (20) está adaptada para emitir luz al menos  
10 parcialmente absorbible por los pigmentos de clorofila, la clorofila a y la clorofila b y en donde el periférico (18) proporciona un espacio (19) entre la fuente de luz (20) y la cámara digital (16) de modo tal que la hoja (12) puede estar interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20);  
capturar (S4) con la cámara digital (16) una primera imagen (34a) de la fuente de luz (20) encendida sin la hoja (12) interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20);  
15 recuperar (S5) datos de exposición de la primera imagen (34a);  
capturar (S8) con la cámara digital (16) una segunda imagen (34b) con la hoja (12) interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20) encendida;  
recuperar (S9) datos de exposición de la segunda imagen (34b); y  
mediante el uso de un procesador, estimar el contenido de clorofila de la hoja (12) en función de los datos de  
20 exposición recuperados de la primera y la segunda imagen (34a, 34b), en donde el procesador estima el contenido de clorofila de la hoja en función de al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO de la primera y segunda imagen.

25 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo informático móvil (14) controla la cámara digital (16) de modo tal que la primera y la segunda imagen (34a, 34b) se capturen con la misma apertura de diafragma.

30 3. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la estimación del contenido de clorofila de la hoja (12) en función de los datos de exposición recuperados de la primera y la segunda imagen (34a, 34b) comprende determinar valores de iluminancia de la primera y la segunda imagen (34a, 34b) en función de los datos de exposición recuperados de la primera y la segunda imagen (34a, 34b) y determinar un valor de atenuación en función de los valores de iluminancia determinados.

35 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la estimación del contenido de clorofila de la hoja (12) se basa adicionalmente en un espesor predefinido de la hoja (12), espesor predefinido de la hoja (12) que se basa en el tipo de cultivo y en los días después de la siembra, desde una entrada de usuario al dispositivo informático móvil (14).

40 5. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, que comprende calcular un valor patentado indicativo del contenido de clorofila de la hoja (12) en función del valor de atenuación determinado y el espesor predefinido de la hoja (12).

45 6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo informático móvil (14) establece de manera automática un punto de enfoque (36) de la cámara digital (16) en la fuente de luz (20) encendida para capturar la primera imagen (34a) y controla la cámara digital (16) para usar el mismo punto de enfoque al capturar la segunda imagen (34b).

50 7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se adapta la fuente de luz (20) para emitir luz de una única longitud de onda predeterminada, por ejemplo, 650 nm.

8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la fuente de luz (20) es un LED, diodo emisor de luz.

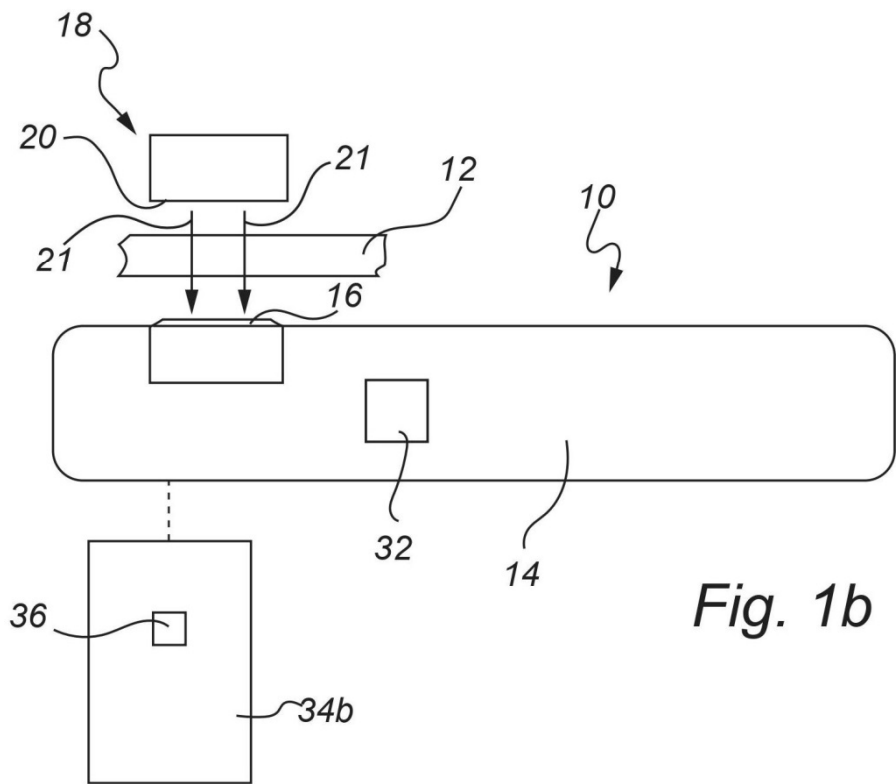
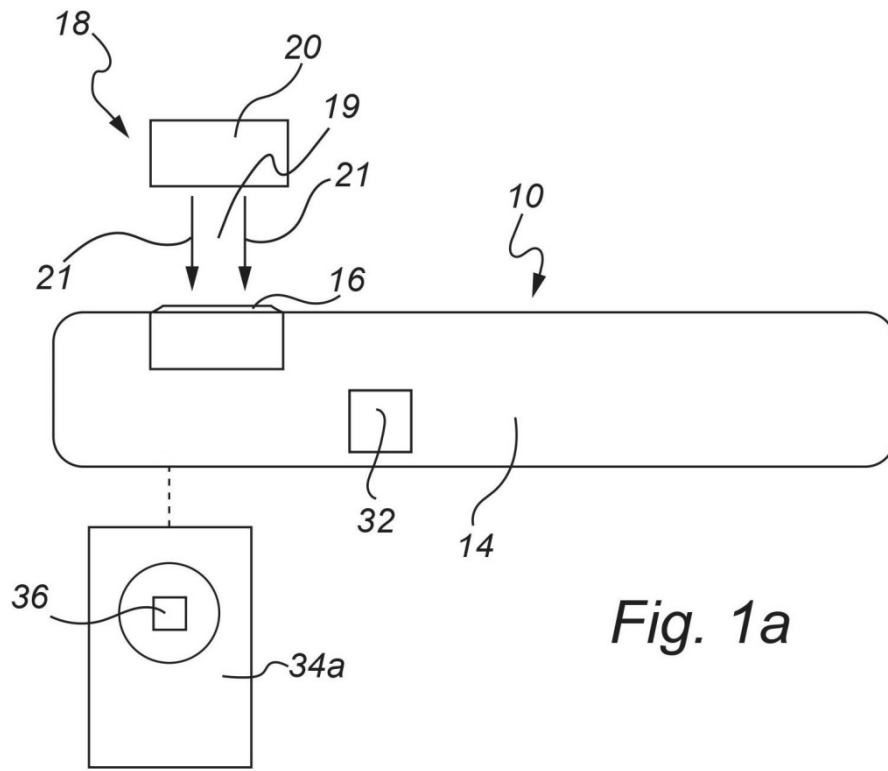
55 9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la fuente de luz se proporciona con una guía de luz hueca (30) para bloquear la luz ambiental cuando la fuente de luz (20) se alinea con la cámara digital (16).

60 10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo informático móvil (14) es un teléfono inteligente o una tableta.

65 11. Un producto de programa informático (32) que comprende un código de programa informático para realizar, cuando se ejecuta en un dispositivo informático móvil (14) que comprende una cámara digital (16) y un periférico unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, comprendiendo el periférico una fuente de luz alineada con la cámara digital cuando el periférico está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil, de modo tal que la fuente de luz puede iluminar una lente de la cámara digital, en donde el periférico proporciona un espacio entre la fuente de luz y la cámara digital, de modo tal que la hoja puede estar interpuesta entre la cámara digital y la

fuentes de luz, las etapas de:

- 5 capturar con la cámara digital (16) del dispositivo informático móvil (14) una primera imagen (34a) de una fuente de luz (20) encendida de un periférico (18) unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil (14), la primera imagen que es capturada sin una hoja (12) interpuesta entre la cámara digital y la fuente de luz (20), en donde la fuente de luz se adapta para emitir luz al menos parcialmente absorbible por los pigmentos de clorofila, la clorofila a y la clorofila b;
- 10 recuperar datos de exposición de la primera imagen (34a);  
 capturar con la cámara digital (16) una segunda imagen (34b) con la hoja (12) interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20) encendida;
- 15 recuperar datos de exposición de la segunda imagen (34b); y  
 estimar el contenido de clorofila de la hoja (12) en función de los datos de exposición recuperados de la primera y la segunda imagen (34a, 34b), en donde un procesador del dispositivo informático móvil estima el contenido de clorofila de la hoja en función de al menos uno del tiempo de exposición, la apertura de diafragma y el valor ISO de la primera y la segunda imagen.
- 20 12. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende el producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 11.
- 20 13. Una señal eléctrica incorporada en una onda portadora y propagada en un medio eléctrico, comprendiendo la señal eléctrica el producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 11.
- 25 14. Un dispositivo informático móvil (14) que comprende el medio de almacenamiento legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 12.
- 25 15. Un dispositivo (10) para estimar el contenido de clorofila de una hoja (12), dispositivo que comprende:
- un dispositivo informático móvil (14) que comprende una cámara digital (16) y un procesador; y
  - un periférico (18) unido o que se puede unir de manera extraíble al dispositivo informático móvil, comprendiendo el periférico una fuente de luz (20) alineada con la cámara digital cuando el periférico (18) está unido de manera extraíble al dispositivo informático móvil (14), en donde la fuente de luz (20) se adapta para emitir luz al menos parcialmente absorbible por los pigmentos de clorofila, la clorofila a y la clorofila b, y en donde el periférico (18) proporciona un espacio (19) entre la fuente de luz (20) y la cámara digital (16), de modo tal que la hoja (12) puede estar interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20), en donde el dispositivo informático móvil está configurado para:
- 30 - capturar con la cámara digital (16) una primera imagen (34a) de la fuente de luz encendida sin la hoja (12) interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20),
- 35 - recuperar los datos de exposición de la primera imagen (34a);
- 40 - capturar con la cámara digital una segunda imagen (34b) con la hoja interpuesta entre la cámara digital (16) y la fuente de luz (20) encendida,
- 40 - recuperar los datos de exposición de la segunda imagen (34b);
- 45 - en donde el procesador está configurado para estimar el contenido de clorofila de la hoja en función de los datos de exposición recuperados de la primera y la segunda imagen, en función de al menos uno de tiempo de exposición, apertura de diafragma y valor ISO de la primera y la segunda imagen.



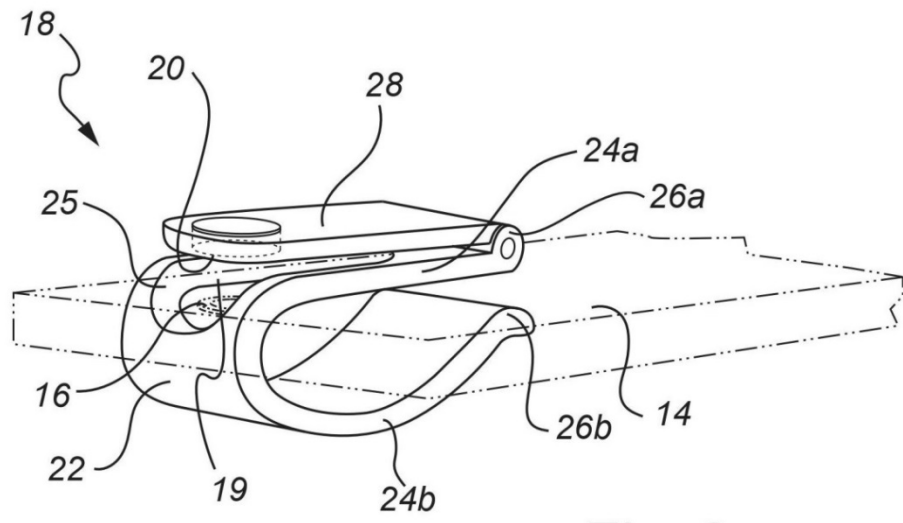


Fig. 2a

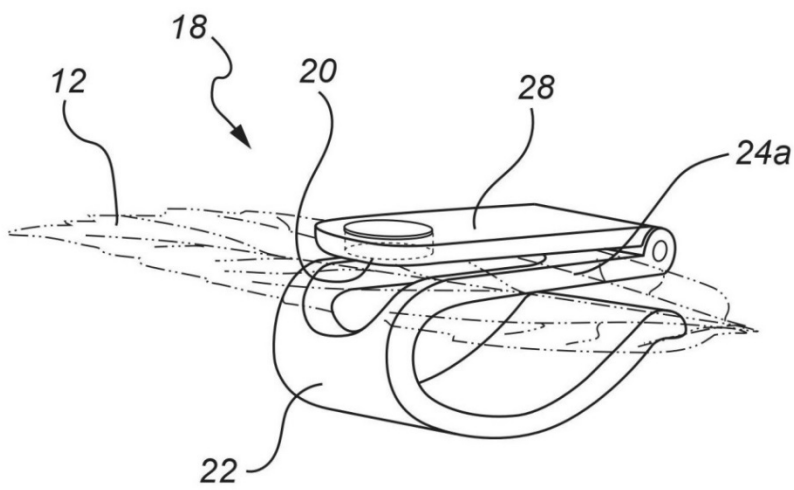
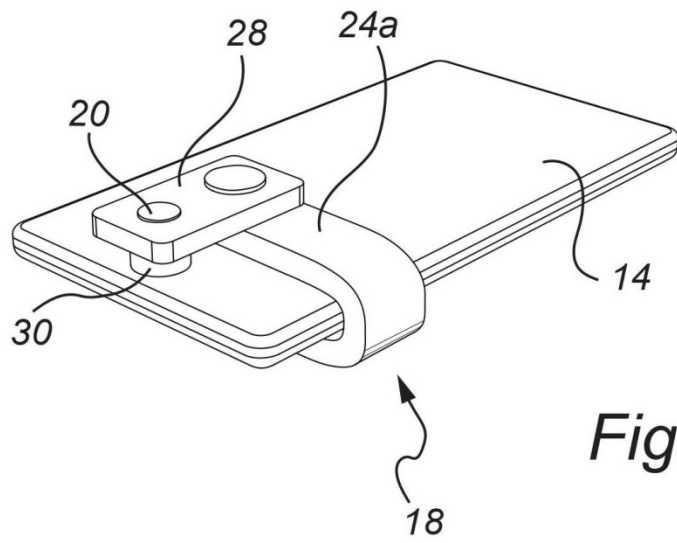
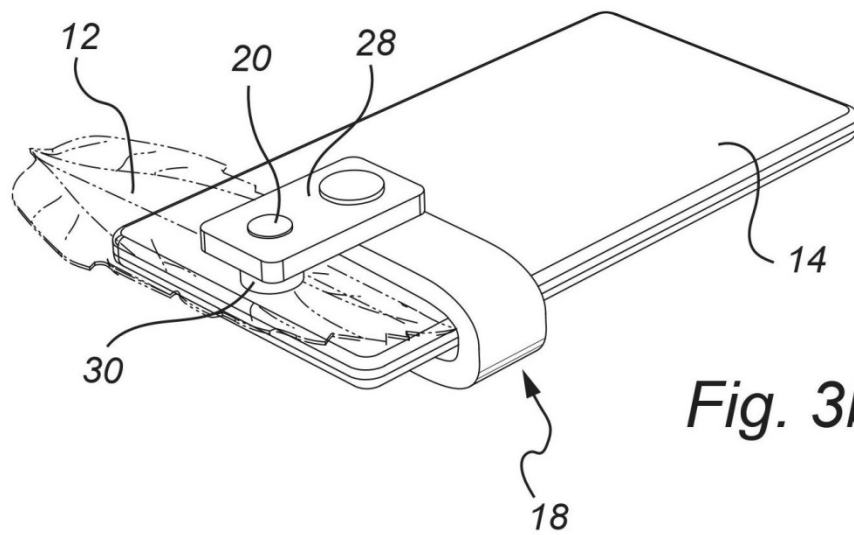


Fig. 2b



*Fig. 3a*



*Fig. 3b*

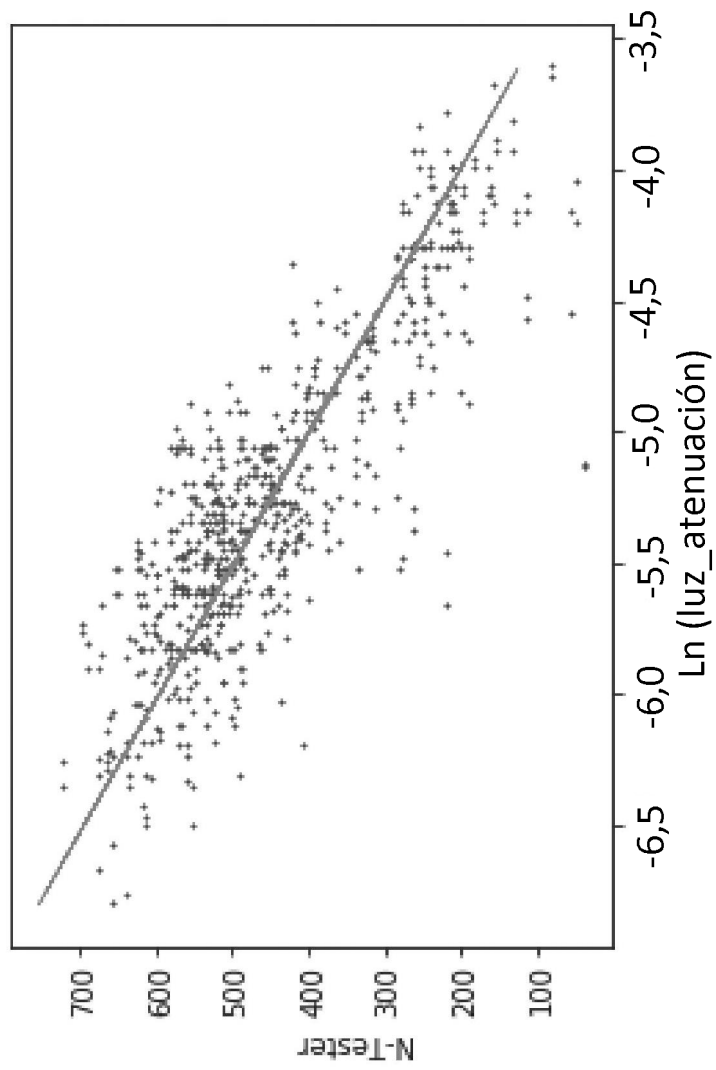
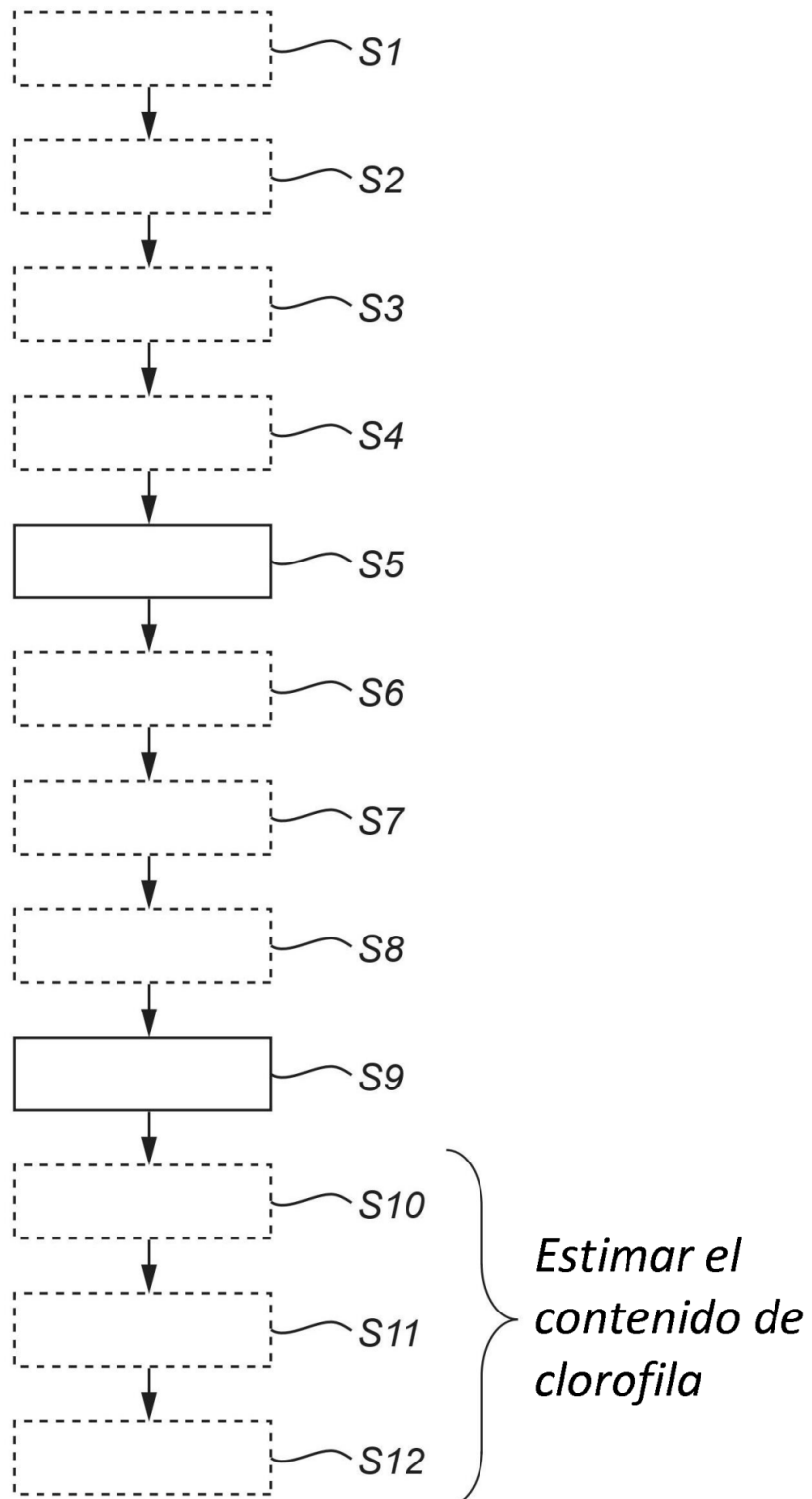


Fig. 4



*Fig. 5*