

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 303 476**

21 Número de solicitud: 200700256

51 Int. Cl.:
G06K 9/00 (2006.01)
A01C 21/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **31.01.2007**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2008**

Fecha de la concesión: **21.05.2009**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **04.06.2009**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
04.06.2009

73 Titular/es:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

72 Inventor/es: **García Torres, Luis;
Peña Barragán, José Manuel;
López Granados, Francisca y
Jurado Expósito, Montserrat**

74 Agente: **No consta**

54 Título: **Procedimiento para la obtención automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección.**

57 Resumen:

Procedimiento para la obtención automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección.

Este procedimiento permite la caracterización cuantitativa de plantaciones de árboles basándose en teledetección de alta resolución espacial y en el procesado de las correspondientes imágenes, proporcionando una información sobre cada árbol y sobre el conjunto de la plantación. Así, proporciona información individualizada de las coordenadas - baricentro geográfico, superficie y productividad potencial, entre otros -, de cada árbol; y también caracteriza plantaciones de árboles en su conjunto, calculando entre otros parámetros el número total de árboles, su superficie y productividad potencial global; e indicadores de cobertura de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo. Por tanto tiene aplicación en Agricultura y Medioambiente.

ES 2 303 476 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la obtención automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección.

5 **Sector de la técnica**

Primer sector: AGRICULTURA y MEDIOAMBIENTE. Segundo sector EMPRESAS DE ASISTENCIA TÉCNICA AGRARIA O MEDIOAMBIENTAL, o bien AUDITORÍAS AGROAMBIENTALES PÚBLICAS (ADMINISTRACIONES PÚBLICAS) O PRIVADAS. El segundo sector se refiere al seguimiento de los productores agrícolas que utilicen tecnologías de agricultura de precisión con objeto de alcanzar los beneficios económicos y medioambientales propios de la misma, tales como la aplicación reducida de fertilizantes, fitosanitarios y/o dosis de riego por goteo, efectuando dichas aplicaciones no de forma extensiva y uniforme en toda la superficie de parcela agrícola, sino adaptada a las necesidades de cada árbol, cuya caracterización y mapeo geográfico, objeto de esta patente, se lleve a cabo previamente.

15 **Estado de la técnica**

20 *Teledetección, conceptos básicos*

La teledetección es una tecnología que consiste en captar información de los objetos o accidentes que ocurren en la superficie terrestre o en la atmósfera sin entrar en contacto físico con ellos. Comprende la medida y el registro de la energía electromagnética reflejada o emitida por éstos, y conlleva la interpretación y relación de esta información con la naturaleza y propiedades de éstos. La captura de la energía reflejada se lleva a cabo mediante sensores remotos instalados en plataformas aerospaciales (satélites y aviones) que registran la energía reflejada correspondiente a diversas frecuencias del espectro electromagnético, que van desde las ondas de radio de baja frecuencia pasando por el espectro visible (bandas azul, verde y roja) hasta los rayos X, gamma e incluso cósmicos. Cada cuerpo o cubierta terrestre presenta una forma peculiar de reflejar o emitir energía que se conoce como signatura o firma espectral (Chuvienco, 2002). En las últimas décadas las tecnologías en las que se basa la teledetección y sus aplicaciones se han desarrollado enormemente. Hoy día la teledetección es una herramienta muy importante en muy diversas áreas de las ciencias tales como meteorología, oceanografía, climatología, ciencias militares, ciencias de la tierra, y protección civil, entre otras.

30 *Aplicaciones de la teledetección a la agricultura*

En teledetección es esencial conocer el comportamiento o signatura espectral de cada una de las diversas superficies o usos de suelo a las diferentes longitudes de onda. La energía reflejada por la vegetación y el suelo desnudo en las longitudes de onda roja e infrarroja varía muy considerablemente (Cloutis *et al.*, 1996). Cultivos densos y sanos se caracterizan por una elevada absorción de energía/radiación roja y una alta reflectancia de la radiación infrarroja. Con frecuencia es conveniente combinar estas medidas (y otras en otras bandas) en un solo índice que resalte la sensibilidad a las variaciones en el cultivo. Dichas combinaciones son conocidas como índices de vegetación. Hay un gran número de ellos, tantos como operaciones matemáticas se estime oportuno definir. Sus ventajas son: 1) aumentar las diferencias relativas entre los valores digitales que caracterizan cada uso del suelo, 2) reducir el número de datos obtenidos a un solo valor característico, 3) obtener valores adimensionales que permiten su comparación espacial y temporal y, 4) en ocasiones, eliminar efectos indeseados de iluminación, orografía, etc. (Jackson y Huete, 1991). Uno de los más conocidos es el NDVI ("*Normalised Difference Vegetation Index*"). Una actividad fotosintética alta, es decir una vegetación sana y vigorosa, implica un alto valor de NDVI debido a una alta reflectividad en la banda del infrarrojo cercano y una alta absorción de energía en la banda roja. Por tanto, NDVI, calculado con medidas en tierra (Kanemasu 1990), imágenes de satélite (Anderson *et al.*, 1993) o fotografías aéreas (Denison *et al.*, 1996) presenta una alta correlación con la producción final del cultivo.

Los trabajos sobre clasificación de los usos del suelo mediante imágenes de satélite de resolución espacial media/baja o fotografías aéreas utilizando índices de vegetación se pueden considerar como clásicos en teledetección y se han llevado a cabo en áreas muy diversas: costeras, parques naturales, masas forestales, zonas agrícolas, entre otras muchas. También se han llevado a cabo trabajos para detectar de forma sistemática las anomalías en el desarrollo de los cultivos de regadío en Aragón (López-Lozano y Casterad, 2003), y monitorizar el crecimiento de cultivos con datos biofísicos como altura de la planta, el área foliar (LAI) y biomasa (Calera *et al.*, 2001; 2002), o para estimar el efecto a largo plazo de los cambios en los usos de suelo sobre la evapotranspiración de los cultivos utilizando imágenes Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+ de 1982 a 2000 (Lanjeri *et al.*, 2001; 2002) en la zona de Castilla-La Mancha. También se están produciendo avances muy significativos en la teledetección de malas hierbas en cultivos con sensores aerotransportados multiespectrales (Goel *et al.*, 2002; Schmidt & Skidmore, 2003; Koger *et al.* 2004; Smith & Blackshaw, 2003; Girma *et al.* 2005; Felton *et al.* (2002), Radhakrishnan *et al.* (2002) y Thorp & Tian (2004) e incluso se ha desarrollado una metodología para mapear infestaciones tardías de malas hierbas en cultivos mediante imágenes remotas de alta resolución espacial (López-Granados *et al.* 2006; Peña-Barragán *et al.*, 2007). Para llevar a cabo dicho trabajos es necesario que existan diferencias en las firmas espectrales entre el cultivo y las especies de malezas en determinados momentos del ciclo fenológico (Everitt *et al.* 1994; Everitt & Deloach 1990; Lass & Callihan 1997; Peña-Barragán *et al.* 2006).

Existen diversos trabajos cuyo objetivo es caracterizar grandes áreas de vegetación/bosques mediante imágenes remotas de baja resolución espacial, de 30 a 100 metros de pixel, o incluso superior (Kokaly *et al.* 2003; Schmidt and Skidmore. 2003). Peña-Barragán *et al.* (2005) ha desarrollado una metodología para caracterizar la cubierta vegetal en olivar mediante fotografías aéreas de baja resolución espacial.

Sin embargo, no se conocen trabajos que caractericen las plantaciones de árboles con imágenes de alta resolución espacial para su aplicación en agricultura de precisión.

Programas informáticos de manejo de imágenes remotas

ENVI®: Hoy día están disponibles comercialmente programas informáticos (“software”) para el procesamiento e interpretación de las imágenes, entre otros ILWIS®, ERDAS® y ENVI®. En particular, el programa informático ENVI (“the Environment for Visualizing Images”, ENVI®) es un potente sistema de proceso de imágenes remotas ampliamente usado en muy diversos países del mundo y en muy diversas disciplinas científicas. Permite un manejo muy diverso de las matrices de datos captadas por los sensores remotes y su visualización de forma coherente y compresiva. ENVI ha sido desarrollado y está registrado por *Research Systems International (RSI) Global Services* (<http://www.rsinc.com/>).

Las matrices de datos soporte de cada imagen se componen de filas y columnas de unidades espaciales ó píxeles. La dimensión del pixel coincide con el área de su resolución espacial. Para cada banda espectral, cada pixel está definido por un valor digital. Entre las ventajas de ENVI cabe destacar las siguientes: a) combina a través de funciones interactivas los archivos de datos de las bandas del espectro electromagnético captadas por el sensor/es. En cada archivo, los datos de cada banda se archivan de forma independiente y se tiene acceso a los mismos de forma individualizada o simultanea mediante funciones. Si se abren varios archivos, se pueden procesar los datos de diversos tipos de bandas se pueden procesar como si pertenecieran a un mismo grupo o imagen; b) ordena los datos de cada banda en ventanas de 8- ó 24- bit; c) desarrolla diversas ventanas o pantallas (interfaz, “display”) conocidas por el nombre de Image, Zoom, y Scroll, pudiendo ajustarse el tamaño de cada una de ellas. El usuario de ENVI dispone de muchas posibilidades de análisis interactivo ENVI, visualizando cada una de dichas ventanas; d) permite diversas formas de solapamiento de imágenes en diversas ventanas para su estudio comparativo espacial y espectral, lo que es especialmente útil en imágenes multibandas y multiespectrales; e) proporciona diversas herramientas interactivas para visualizar y analizar vectores y atributos GIS (Sistemas de Información Geográfica), entre otras el aumento del rango de la matriz de datos (“contrast stretching”) y los gráficos de dispersión en dos dimensiones (“two-dimensional scatter plots”); f) proporciona una extensa lista de funciones/algoritmos para el procesamiento de imágenes de forma fácil e inmediata, tales como transformaciones, filtros, clasificaciones, registro y correcciones geométricas, y análisis espectral.

IDL: ENVI está escrito en IDL (*Interactive Data Language, IDL*®), un lenguaje de programación informática potente y sistematizado que permite un proceso de imágenes integrado. La flexibilidad de ENVI se debe en gran medida a la versatilidad de IDL. Para el funcionamiento de ENVI se requiere pues la instalación de IDL, bien en una versión básica (“runtime version of IDL”) o en una versión completa (“full version of IDL”) que permite incluir las propias funciones/comando/funciones del usuario. Los usuarios de ENVI pueden usar todas las funciones de ENVI, pero no escribir sus rutinas o comandos (“custom routines”). Los manuales de ENVI y IDL contienen extensa información sobre los mismos (“Using IDL and the IDL Reference Guide and IDL Help”).

“Clustering Assessment IDL.IAS.1” (en adelante subprograma CLUAS®): El subprograma CLUAS® (García-Torres *et al.* 2006) ha sido registrado en el Registro de la Propiedad Intelectual (Nº Registro 200699900440900). Consiste en la agrupación e integración de los valores digitales de píxeles contiguos según un rango de valores digitales (VD) y unas dimensiones espaciales definidos. Procede como sigue: a) se seleccionan los píxeles con valores digitales dentro de un determinado rango; fuera de ese rango los VD los hace igual a 0; b) se selecciona el tamaño de los agrupamientos; por encima de un número máximo de columnas y filas comienza un nuevo agrupamiento; y c) a continuación se agrupan e integran los VD de los píxeles que ocupan posiciones contiguas.

La definición de los agrupamientos es pues flexible y se establece según rango/s de valores digitales establecido y según tamaño del agrupamiento. Se define un rango de valores digitales, VD_{max} y VD_{min} , por ejemplo entre 50 y 88, y los valores digitales fuera de ese rango no los considera (los hace igual a 0). Por otro lado define las dimensiones máximas de cada agrupamiento, número máximo columnas (C_{max}) y de filas (F_{max}), de tal forma que los agrupamientos resultantes contendrán un número de píxeles inferior a $M \times N$ píxeles. El subprograma CLUAS® integra pues solo los valores digitales de los píxeles contiguos seleccionados, esto es con VD no igual a 0 y agrupados sin exceder los límites espaciales antes referidos. Opera sistemáticamente procesando en primer lugar las filas, de la fila 1 a la fila n, integrando los valores de los píxeles contiguos en el pixel situado en la derecha (cuyo valor número de la derecha es mayor). Luego, de forma similar, procesa o integra los píxeles contiguos por columnas (de la columna 1 a la columna m).

Hechos que justifican esta patente

1) La caracterización cuantitativa de plantaciones de árboles se lleva a cabo tradicionalmente “in situ”, mediante visitas al terreno, y visualmente, de forma grosera, incluso en países tecnológicamente avanzados. Actualmente, la determinación de las características morfológicas y productivas de las diversas zonas de una misma plantación y más aún de cada árbol de la misma directamente en campo (“in situ”) resulta prácticamente inviable desde un punto de vista técnico y económico.

2) El manejo agronómico de las plantaciones de árboles se sigue llevando a cabo de forma extensiva y uniforme, incluso en países tecnológicamente muy desarrollados: en las parcelas de árboles las operaciones agrícolas de aplicación de fertilizantes, fitosanitarios y dosis de riego se realizan uniformemente, sin tener en cuenta las muy frecuentes diferencias entre zonas y/o árboles de una misma parcela.

3) Las técnicas de teledetección son muy adecuadas para la caracterización de las parcelas, por los siguientes motivos: a) el sensor utilizado (satélite o fotografía aérea) registra lo que hay en campo (objetividad), b) el procedimiento de análisis de la imagen obtenida es rápido una vez se ha puesto el método a punto, c) permiten trabajar de forma secuencial, d) evitan los muestreos en campo; y e) posibilitan la planificación de la toma de imágenes en el momento oportuno y el retraso de su análisis el tiempo necesario, en caso de que fuese necesario, sin perder por ello información.

El procedimiento objeto de la presente invención implementa, en una de sus etapas, el subprograma CLUAS® en el proceso de imágenes remotas de plantaciones de árboles proporcionando de forma automática una valiosa información individualizada para cada árbol, para determinadas zonas y para el conjunto de la plantación.

La presente invención permite sentar unas bases sólidas para el desarrollo de la agricultura de precisión en cualquier plantación de árboles, tales como alcornos, almendros, encinas, cítricos, manzanos, olivos, viña, etc. Su objetivo es pues poner de manifiesto y salvaguardar los derechos de generación de información agronómica y ambiental sobre cada árbol y sobre el conjunto de la plantación de árboles mediante procesado de imágenes remotas mediante el subprograma CLUAS®.

Descripción de la invención

Descripción breve

Un objeto de la presente invención es un procedimiento para la obtención cuantitativa y automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección, que comprende las siguientes etapas (ver Figura 1):

a) Toma de imágenes remotas de satélite o fotografía aérea hiperespectral, multiespectral o pancromática, con una resolución espacial próxima a 1 metro o inferior, preferiblemente en primavera tardía o verano, y también en otras épocas del año en las que se diferencien los árboles de los restantes usos del suelo tales como la vegetación desecada y/o suelo desnudo,

b) Digitalización y georreferenciación, mediante GPS diferencial para asignar las coordenadas geográficas, en el caso de fotografías aéreas no digitalizadas ni georreferenciadas, respectivamente,

c) Análisis primario de la imagen que comprende a su vez las siguientes etapas:

c.1.) Transformación/obtención de imágenes simples compuestas por un sola banda ó índice, del espectro visible (azul: B, verde: G, rojo: R; e infrarrojo cercano NIR), pancromática, o cualquier otra banda en el caso de imágenes hiperespectrales, o de cualquier índice de vegetación que se defina mediante un algoritmo entre cualquiera de las bandas antes mencionadas,

c.2) Definición de regiones representativas ("regiones de interés) de los principales usos en la imagen simple o imágenes simples seleccionadas,

c.3) Definición de valores digitales frontera (VDF) de cada uso de suelo y clasificación/separación de los mismos en la imagen simple seleccionada, mediante un proceso iterativo de selección de VDF contrastado estadísticamente,

c.4) Definición del agrupamiento del uso de suelo a caracterizar, con los parámetros dimensión (Max Columnas y Max Filas) y vecindario (proximidad de agrupación), según las características de resolución espacial de la imagen en proceso y el objetivo del estudio en curso,

d) Activación del subprograma informático Clustering Assessment IDL.IAS.1 (CLUAS®) en el programa informático ENVI e implementación de la imagen seleccionada en CLUAS®, que comprende a su vez las siguientes etapas:

d.1) Introducción en CLUAS® de los parámetros de los agrupamientos seleccionados en los puntos anteriores c.3) y c.4): VDF, dimensiones y vecindario,

d.2) Procesado por CLUAS® de los indicadores agronómicos y ambientales de la plantación,

d.3) Estudio de la información generada automáticamente por CLUAS®

ES 2 303 476 B1

Otro objeto de la presente invención es la utilización del procedimiento para determinar en cualquier plantación de árbol los siguientes indicadores (relativos a árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo):

- 5 a) coordenadas/baricentro geográfico, superficie, y productividad potencial global y por unidad de área de cada árbol cada árbol de la plantación;
- b) el número total de árboles, superficie global, y productividad potencial global y unitaria de la plantaciones de árboles en su conjunto; y
- 10 c) la superficie de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo; operaciones que realiza automáticamente el subprograma CLUAS®.

Descripción detallada

15 La presente invención de la invención se basa en que los inventores han constatado que es posible caracterizar de forma óptima y cuantitativa indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles basándose en teledetección de alta resolución espacial y en el procesado de las correspondientes imágenes mediante el programa informático “*Clustering Assessment IDLIAS.1*” (en adelante CLUAS®), desarrollado por los inventores y que consiste en lo siguiente:

- 20 a) Toma de imágenes remotas con una resolución espacial próxima a 1 metro o inferior, preferiblemente en primavera tardía o verano, y también en otras épocas del año en las que se diferencien los árboles de los restantes usos del suelo tales como la vegetación desecada y/o suelo desnudo,
- 25 b) Transformación de las imágenes originales mediante algún índice de vegetación y clasificación de los usos de suelo de interés; y
- 30 c) Procesamiento de las imágenes seleccionadas mediante el programa informático CLUAS®.

En este sentido, el procedimiento objeto de esta invención se ha aplicado en imágenes remotas de plantaciones de árboles/parcelas de olivar, de agrrios/cítricos y de bosque mediterráneo (clima templado de ambiente mediterráneo), donde ha sido posible diferenciar espectro-radiométricamente los usos de suelo tales como árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo que caracterizan cualquier plantación de árbol, y con resultados satisfactorios y reproducibles (Ejemplo 1 y 2).

El procedimiento de la invención proporciona una información sobre cada árbol y sobre el conjunto de la plantación. Así, proporciona información individualizada de las coordenadas/baricentro geográfico, superficie y productividad potencial, entre otros, de cada árbol; y también caracteriza plantaciones de árboles en su conjunto, calculando entre otros parámetros el número total de árboles, su superficie y productividad potencial global; e indicadores de cobertura de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo. CLUAS se puede utilizar para contribuir a la agricultura precisión, árbol a árbol, de cualquier plantaciones de árboles, tales como alcornoques, almendros, encinas, cítricos, manzanos, olivos, viña, etc., Y así mismo, para determinar a efectos comparativos la productividad potencial de determinadas zonas de una parcela o entre parcelas de cualquier plantación de árbol.

45 Tiene aplicación en Agricultura y Medioambiente, y más concretamente en Empresas de Asistencia Técnica Agraria o Medioambiental, o en Auditorías Agroambientales Públicas o Privadas. El procedimiento objeto de esta patente permitirá que determinadas empresas, como por ejemplo las de asistencia técnica agraria o medioambiental, o los servicios de auditorías agroambientales de las Administraciones Públicas o de entidades privadas, planifiquen las estrategias de aplicación de fertilizantes, fitosanitarios y riego con precisión, adaptadas estas operaciones a las características de cada árbol, estimen de forma comparativa la productividad potencial e indicadores agroambientales tales como el porcentaje de cobertura vegetal y/o suelo desnudo de determinadas zonas de una parcela y de parcelas diferentes. Esto último puede llegar a ser un requisito necesario para obtener el derecho de recepción de determinadas ayudas/subvenciones agro-ambientales.

55 Así, el objeto de la presente invención es un procedimiento para la obtención cuantitativa y automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección, que comprende las siguientes etapas (ver Figura 1):

- 60 a) Toma de imágenes remotas de satélite o fotografía aérea hiperespectral, multispectral o pancromática, con una resolución espacial próxima a 1 metro o inferior, preferiblemente en primavera tardía o verano, y también en otras épocas del año en las que se diferencien los árboles de los restantes usos del suelo tales como la vegetación desecada y/o suelo desnudo,
- 65 b) Digitalización y georreferenciación, mediante GPS diferencial para asignar las coordenadas geográficas, en el caso de fotografías aéreas no digitalizadas ni georreferenciadas, respectivamente,

ES 2 303 476 B1

c) Análisis primario de la imagen que comprende a su vez las siguientes etapas:

- 5 c.1.) Transformación/obtención de imágenes simples compuestas por un sola banda ó índice, del espectro visible (azul: B, verde: G, rojo: R; e infrarrojo cercano NIR), pancromática, o cualquier otra banda en el caso de imágenes hiperespectrales, o de cualquier índice de vegetación que se defina mediante un algoritmo entre cualquiera de las bandas antes mencionadas,
- 10 c.2) Definición de regiones representativas (“regiones de interés) de los principales usos en la imagen simple o imágenes simples seleccionadas,
- c.3) Definición de valores digitales frontera (VDF) de cada uso de suelo y clasificación/separación de los mismos en la imagen simple seleccionada, mediante un proceso iterativo de selección de VDF contrastado estadísticamente,
- 15 c.4) Definición del agrupamiento del uso de suelo a caracterizar, con los parámetros dimensión (Max Columnas y Max Filas) y vecindario (proximidad de agrupación), según las características de resolución espacial de la imagen en proceso y el objetivo del estudio en curso,

20 d) Activación del subprograma informático Clustering Assessment IDL.IAS.1 (CLUAS®) en el programa informático ENVI e implementación de la imagen seleccionada en CLUAS, que comprende a su vez las siguientes etapas:

- 25 d.1) Introducción en CLUAS® de los parámetros de los agrupamientos seleccionados en los puntos anteriores c.3) y c.4): VDF, dimensiones y vecindario,
- d.2) Procesado por CLUAS® de los indicadores agronómicos y ambientales de la plantación,
- d.3) Estudio de la información generada automáticamente por CLUAS®.

30 La datos/informe generado por CLUAS® proporciona información individualizada de las coordenadas/baricentro geográfico, superficie y productividad potencial, entre otros, de cada árbol; también caracteriza plantaciones de árboles en su conjunto, calculando entre otros parámetros el número total de árboles, e indicadores de su obertura y productividad potencial global, y la superficie de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo.

35 El objetivo de esta invención es generar información agronómica y ambiental como la antes referida en plantaciones de árboles tales como olivo, cítricos, almendros, manzanos, alcornoques, encinas, etc., etc. Su objetivo es pues poner de manifiesto y salvaguardar los derechos de generación de información sobre cada árbol y sobre el conjunto de la plantación de árboles mediante el procesado de imágenes remotas con el subprograma CLUAS®.

40 Las imágenes remotas se toman en el momento en el que sea posible diferenciar espectralradiométricamente los usos de suelo árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo que caracterizan cualquier plantación de árbol. En climas templados de ambiente mediterráneo las imágenes se toman preferentemente al final de la primavera o durante en el verano.

45 Otro objeto de la presente invención es la utilización del procedimiento para determinar en cualquier plantación de árbol los siguientes indicadores (relativos a árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo):

50 a) coordenadas/baricentro geográfico, superficie, y productividad potencial global y por unidad de área de cada árbol cada árbol de la plantación;

b) el número total de árboles, superficie global, y productividad potencial global y unitaria de la plantaciones de árboles en su conjunto; y

55 c) la superficie de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo; operaciones que realiza automáticamente el subprograma CLUAS®.

60 Asimismo, el procedimiento puede ser utilizado para discriminar y cuantificar mediante teledetección los usos de suelo que se definan en imágenes simples de una sola banda o índice vegetativo, basándose en el método de agrupamiento de píxeles de cada uso de suelo y estimación de su centro geográfico, número de píxeles integrados (NP) o superficie, valores digitales integrados en cada agrupamiento (VDAG) ó productividad global, y VDGA/NP ó productividad global unitaria, operaciones que realiza automáticamente el subprograma CLUAS®.

65 La utilización de este procedimiento para diseñar e implementar un programa de agricultura de precisión relativo a la aplicación de fertilizantes, fitosanitarios o dosis de agua de riego en cualquier plantación de árboles, constituye igualmente otro objeto de la presente invención. Este procedimiento también puede utilizarse para estimar indicadores agroambientales según superficies relativas de los usos de suelo árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo.

Descripción de las figuras

Figura 1.- *Diagrama del procedimiento de la invención.*

5 Figura 2.- *Vista de los usos del suelo de una plantación de cítricos: árboles naranjos (negro), cubierta vegetal (gris) y suelo desnudo (blanco).* Imagen pancromática del satélite Quick Bird, tomada el 10 mayo de 2005, tamaño de pixel 0.7 m, a) Parcela de 0.07 ha; b) Ampliación de la anterior, zoom x 8.

10 Figura 3.- *Vista de los usos del suelo de bosque mediterráneo: encinas/alcornoques/Quercus spp., (negro), cubierta vegetal (gris) y suelo desnudo (blanco).* Imagen pancromática del satélite Quick Bird, tomada en 10 mayo 2005, tamaño de pixel 0.7 m, a) Parcela de 0.15 ha; b) Parte ampliada de la anterior, zoom x 7.

15 Figura 4.- *Imagen pancromática de plantaciones de olivo del satélite Quick Bird de 18.2 ha ($x = 351037$; $y = 4156992$).* En esta imagen se han delimitado cinco parcelas para el procesamiento de sus características agroambientales mediante el subprograma CLUAS.

Ejemplo de la realización de la invención

20 Se describen ejemplos de la realización de la patente en olivar, cítricos y bosque mediterráneo.

Ejemplo 1

25 *Procesamiento de parcelas individuales de plantaciones de árboles de diversas especies*

30 Se ha procesado mediante CLUAS[®] las imágenes correspondientes a una parcela de olivar (Figura 1), de cítricos (Figura 2) y de bosque mediterráneo (Figura 3). Los resultados obtenidos en dichos procesamientos se muestran en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente. En la Tabla 1 se indica la información obtenida por CLUAS[®] de la imagen que se muestra adjunta a dicha Tabla. CLUAS[®] proporciona información individualizada de cada olivo, tal como su coordenada geográfica, superficie (NP, número de píxeles/m²), producción potencial (valores digitales integrados (VDAG) e índice de productividad (VDGA/NP).

35

(Tabla pasa a página siguiente)

40

45

50

55

60

65

ES 2 303 476 B1

Por ejemplo, el agrupamiento o olivo cuarto (AG4) es el de tamaño más pequeño (136 píxeles/8.5 m²) con una producción potencial de 10593; y el agrupamiento olivo noveno (AG9) es el de tamaño más grande (462 píxeles/28.8 m²), con una producción potencial de 33870. Además CLUAS[®] obtiene/proporciona información de indicadores del conjunto de árboles olivos de la imagen, por ejemplo del número total de árboles (11), superficie total de los árboles (3475 píxeles/217.1 m²), el porcentaje de la superficie de olivar sobre el total de la superficie de la parcela (NTAG/NTP, 0.40/40%), y la productividad potencial global (IVDA, 26418), entre otros.

En la Tabla 2 se muestra la información obtenida mediante CLUAS[®] de la imagen de la plantación de cítricos/agrios que se indica en la Figura 2. CLUAS[®] proporciona información individualizada de cada cítrico y del conjunto de la plantación. Así, el agrupamiento o árbol 25 (AG25) es el de tamaño más pequeño (4 píxeles/2.0 m²) con una producción potencial de 2049; y el árbol/agrupamiento 4^o (AG4) es el de tamaño más grande (56 píxeles/27.7 m²) con una producción potencial de 28144. Además CLUAS[®] obtiene/proporciona información de indicadores del conjunto de árboles de la imagen, por ejemplo del número total (30), superficie total de los árboles (1479 píxeles), el porcentaje de la superficie de árboles sobre el total de la superficie de la parcela (NTAG/NTP, 0.59/59%), y la productividad potencial global (IVDA, 427784), entre otros.

(Tabla pasa a página siguiente)

ES 2 303 476 B1

TABLA 2

Información de una plantación de cítricos (naranjos) [CO2] generada mediante el subprograma CLUAS®, tomada en la imagen de satélite Quick Bird, pancromática, de 0.7 m de resolución espacial, tomada el 10 de mayo de 2005 (Figura 2). Sus características de procesamiento fueron las siguientes: valores digitales frontera de 368 a 559, vecindario 8, y agrupamiento máximo de 7 filas y 10 columnas

Árboles/ AG	X	Y	NPAG	VDAG	VDAG/NPAG	m ²
AG1	315688,6	4186001,3	29,0	14172,0	488,7	14,2
AG2	315689,0	4185996,3	30,0	14673,0	489,1	14,7
AG3	315689,7	4185991,0	29,0	14288,0	492,7	14,2
AG4	315690,7	4185986,3	56,0	28144,0	502,6	27,4
AG5	315696,1	4185986,3	22,0	10952,0	497,8	10,8
AG6	315691,6	4185983,8	7,0	3675,0	525,0	3,4
AG7	315696,0	4185984,3	4,0	2019,0	504,8	2,0
AG8	315694,9	4186001,5	29,0	14423,0	497,3	14,2
AG9	315694,8	4185997,0	31,0	15199,0	490,3	15,2
AG10	315695,4	4185991,8	32,0	15143,0	473,2	15,7
AG11	315700,4	4186002,5	28,0	13964,0	498,7	13,7
AG12	315700,8	4185997,5	41,0	19932,0	486,1	20,1
AG13	315701,0	4185992,5	38,0	18027,0	474,4	18,6
AG14	315701,4	4185987,5	39,0	19935,0	511,2	19,1
AG15	315702,3	4185984,8	6,0	3112,0	518,7	2,9
AG16	315707,1	4186003,0	35,0	17240,0	492,6	17,2
AG17	315712,6	4186003,0	27,0	13310,0	493,0	13,2
AG18	315707,8	4185998,3	44,0	22044,0	501,0	21,6
AG19	315713,2	4185998,8	34,0	16638,0	489,4	16,7
AG20	315707,9	4185993,3	37,0	18382,0	496,8	18,1
AG21	315713,5	4185993,8	27,0	13217,0	489,5	13,2
AG22	315709,0	4185988,0	54,0	27508,0	509,4	26,5
AG23	315714,2	4185988,5	31,0	15184,0	489,8	15,2
AG24	315709,5	4185985,5	8,0	4219,0	527,4	3,9
AG25	315714,1	4185986,0	4,0	2049,0	512,3	2,0
AG26	315718,9	4186004,0	36,0	17551,0	487,5	17,6
AG27	315718,8	4185999,5	31,0	15063,0	485,9	15,2
AG28	315719,4	4185994,3	27,0	12943,0	479,4	13,2
AG29	315719,6	4185989,3	40,0	19956,0	498,9	19,6
AG30	315719,7	4185986,8	6,0	2875,0	479,2	2,9
NTP:	1479					

Continuación

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

NTAG:	866
NTAG/NTP:	0,59
IVDA:	427784
VDAM:	494

¹ Abreviaturas: NTP, número total de píxeles de la imagen procesada; AG, agrupamientos (cítrico); x e y, coordenadas geográficas de cada cítrico; NPAG, número de píxeles agrupados de cada cítrico/agrupamiento; VDAG, valores digitales integrados por cítrico; NTAG, número total de píxeles del conjunto ; IVDA, valores digitales integrados en el conjunto de cítricos; VDAM, valor digital medio por píxel cítrico.

60 En la Tabla 3 se muestra la información obtenida mediante CLUAS[®] de la imagen de bosque mediterráneo (encinas/alcornos) que se indica en la Figura 3. CLUAS[®] proporciona información cuantitativa individualizada de cada árbol y del conjunto de la plantación. Así, el agrupamiento o árbol 10° (AG10) es el de tamaño más pequeño (8 píxeles/3.9 m²) con una producción potencial de 4140; y el árbol/agrupamiento 17° (AG17) es el de tamaño más grande (138 píxeles/67.6 m²) con una producción potencial de 67793. Además CLUAS[®] obtiene/proporciona información de indicadores del conjunto de árboles de la imagen, por ejemplo el número total de árboles (22), su superficie total (3024 píxeles), el porcentaje de la superficie de árboles sobre el total de la superficie de la parcela (NTAG/NTP, 0.3/30%), y la productividad potencial global (IVDA, 428853), entre otros.

ES 2 303 476 B1

TABLA 3

Información de un bosque mediterráneo (*Quercus spp*) generada mediante procesamiento el subprograma CLUAS[®], tomada en la imagen de satélite Quick Bird, pancromática, de 0.7 m de resolución espacial, tomada el 10 de mayo de 2005 (Figura 3). Sus características de procesamiento fueron las siguientes: valores digitales frontera de 319 a 515, vecindario 8, y agrupamiento máximo de 14 filas y 14 columnas

AG	X	Y	NPAG	VDAG	VDAG/NPAG	m ²
AG1	315827,84	4186954,5	17	8045	473,2	8,3
AG2	315836,06	4186956,5	24	11303	471	11,7
AG3	315850,84	4186960	42	21070	501,7	20,5
AG4	315842,66	4186954,75	10	5305	530,5	4,9
AG5	315826,25	4186945,75	42	18799	447,6	20,5
AG6	315835,81	4186947,75	49	22764	464,6	24,0
AG7	315843,09	4186950,75	14	6688	477,7	6,86
AG8	315854	4186952,75	10	4973	497,3	4,9
AG9	315848,88	4186948,5	44	20083	456,4	21,5
AG10	315858,59	4186952	8	4140	517,5	3,9
AG11	315861,88	4186948,5	61	28624	469,2	29,8
AG12	315827,97	4186938,25	30	14165	472,2	14,7
AG13	315840,16	4186940	30	13880	462,7	14,7
AG14	315848,81	4186942	31	14279	460,6	15,1
AG15	315836,19	4186932,25	93	42669	458,8	45,5
AG16	315844,31	4186932,75	59	27414	464,6	28,9
AG17	315854,5	4186936,5	138	67793	491,3	67,6
AG18	315859,63	4186937,25	28	13145	469,5	13,7
AG19	315855,91	4186931	56	27062	483,3	27,4
AG20	315861,16	4186932,5	12	6070	505,8	5,8
AG21	315865,16	4186941,25	22	10271	466,9	10,7
AG22	315867,59	4186935,75	51	24125	473	24,9

NTP: 3024
 NTAG: 903
 NTAG/NTP: 0,3
 IVDA: 428853
 VDAM: 474,9

¹ Abreviaturas: NTP, número total de píxeles de la imagen procesada; AG, agrupamientos (árbol Quercus); x e Y, coordenadas geográficas de cada árbol Quercus; NPAG, número de píxeles agrupados de cada árbol Quercus/agrupamiento; VDAG, valores digitales integrados por árbol Quercus; NTAG, número total de píxeles del conjunto; IVDA, valores digitales integrados en el conjunto de árbol Quercus, VDAM, valor digital medio por pixel de árbol Quercus.

ES 2 303 476 B1

CLUAS[®] proporciona información individualizada de cada árbol, tal como su coordenada geográfica, superficie (NP, número de píxeles/m²), producción potencial (valores digitales integrados (VDAG) e índice de productividad (VDGA/NP). Además CLUAS[®] obtiene/proporciona información de indicadores del conjunto de árboles de la imagen, por ejemplo del número total de árboles, superficie total de los árboles, el porcentaje de la superficie de olivar sobre el total de la superficie de la parcela y la productividad potencial global, entre otros.

La obtención de datos cuantitativa mediante CLUAS[®] reseñada puede ser de utilidad para la implantación de técnicas de agricultura de precisión en diversas operaciones agrícolas tales como la aplicación de fertilizantes, fitosanitarios y agua de riego a dosis variable, esto es adaptada a las necesidades/requerimientos productivos de cada árbol. Dichos requerimientos serán proporcionales a índices estimados por CLUAS[®], tales como la superficie de cada árbol o su productividad potencial.

Ejemplo 2

Procesamiento comparativo de diversas parcelas adyacentes de una determinada especie de árboles

Se ha procesado mediante CLUAS[®] las imágenes correspondientes a diversas parcelas de olivar adyacentes (Figura 4). Los resultados obtenidos en dichos procesamientos se muestran extensivamente en las Tabla 4. CLUAS[®] proporciona información cuantitativa individualizada de cada parcela. Así, la parcela D es la de menor extensión (0.209 ha), con un total de 97 olivos, con una superficie media y capacidad productiva por olivo de 22.2 m² y 313, respectivamente; mientras que la parcela A de menor extensión (12.5 ha), con un total de 948 olivos, con una superficie y capacidad productiva media por olivo de 12.5 m² y 2059, respectivamente.

A través de CLUAS[®] se estiman diversos parámetros de cada parcela tales como la superficie, producción potencial e índice de productividad medio de cada árbol y del conjunto de árboles, y además la relación entre el conjunto de árboles y la superficie total de la parcela u otros usos de suelo. Dichos parámetros son de utilidad para la caracterización agro-ambiental de cada parcela, y pueden ser utilizados por el agricultor para la planificación de operaciones agrícolas específicas para cada parcela, tales como la aplicación de fertilizantes, fertilizantes y agua de riego, proporcional a los parámetros estimados en cada una de ellas, como para el seguimiento administrativo de determinadas medidas agroambientales, como es el porcentaje de suelo desnudo.

(Tabla pasa a página siguiente)

ES 2 303 476 B1

TABLA 4

Indicadores agronómicos y ambientales de varias parcelas de olivar del término municipal de Montilla 1 (Córdoba x = 351011, y = 4156896). La cuantificación del olivar se ha llevado a cabo utilizando una imagen pancrómica tomada por el satélite Quick Bird, con una resolución espacial de 0.7 m con un rango de valores digitales frontera (VDF) de 50 a 89, 90 a 125 y 126 a 200 para olivar, cubierta vegetal y suelo desnudo, respectivamente, y un tamaño máximo olivo de 14x 14 píxeles

Parcela (superficie total)	Usos del suelo										
	Olivar						Cubiertas vegetales			Suelo desnudo	
	No. total olivos	Superficie media por olivo (m ²)	Rango olivos (m ²)	Superficie (ha, %)	Capacidad productiva parcela (VDI x 10 ³)	Capacidad productiva por ha de olivar (VDI, x 10 ³)	Capacidad productiva (m ² olivo)	Superficie (ha, %)	VD medio	Superficie (ha, %)	VD medio
A (5,23 ha)	948	12,5	5 a 30,8	1,28 ha, (24,6%)	2059,1	393,7	156,4	2,6 ha; (50,1%)	110	1,32 ha; 25,23%	136,3
B (4,65 ha)	556	5,5	3 a 24,1	0,31 ha, (6,7%)	509,9	108,8	160,8	2,8 ha (61,1%)	113,3	1,5 ha; (32,4%)	136,2
C (3,2 ha)	420	30,4	2 a 73,9	1,31 ha, (40,9%)	1987,2	621,0	148,4	1,78 ha (54,2%)	108,0	0,18 ha; (5,69%)	132,0
D (0,65 ha)	97	22,2	57,3	0,209 ha, (32,23%)	313,0	411,6	146,6	0,43 ha; (67,4%)	107,5	(0,002 ha; 0,4%)	127,1
E (4,31 ha)	461	35,4	3 a 94	1,638 ha, (38,0%)	2493,9	74,6	148,6	2,0 ha; 47,1%	109,6	0,647 ha; 15,02%	131,3

1) En cada zona: (2) % total parcela; (3) VD integrados 4) VD medio por pixel de olivo medio VD: Valores digitales; VDO: valores digitales conjunto plantación; VDM: valores digitales del olivo medio.

Bibliografía

- **Anderson G. L., J. H. Everitt, A.J. Richardson, and D. E. Escobar.** 1993. Using satellite data to map false broomweed infestations in South Texas rangeland, *Weed Technology*, 7: 865-871.
- **Calera A., Martínez C. and Meliá J.** 2001. A procedure for obtaining green plant cover: relation to NDVI in a case study for barley. *Int. J. of Remote Sensing*, 22: 3357-3362.
- **Calera A., González-Piqueras J. and Meliá J.** 2002. Remote sensing monitoring crop growth. In Proceedings of Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, Valencia, pp 522-529.
- **Cloutis, E.A., Connery, D.R. Major, D.J. and Dover, F.J.** 1996. Airborne multispectral monitoring of agricultural crop status: effect of time of year, crop type and crop condition parameter. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 17: 2579-2601.
- **Chuvieco, E.** (2002) Teledetección Ambiental. Editorial Ariel, Madrid. 568 páginas.
- **Denison, R. F., Miller, R. O., Bryant, D., Abshahi, A. & Wildman, W. E.** 1996. Crop management goes high tech. California Agriculture, May-June 1996.
- **Everitt, J. H. and C. J. Deloach.** 1990. Remote sensing of Chinese tamarisk (*Tamarix chinensis*) and associated vegetation. *Weed Sci.* 38: 273-278.
- **Everitt, J. H., J. V. Richerson, M. A. Alaniz, D. E. Escobar and M. R. Davis.** 1994. Light reflectance characteristics and remote sensing of big bend loco (*Astragalus mollissimus var. earlei*) and wooton loco (*Astragalus wootonii*). *Weed Sci.* 42: 115-122.
- **Felton, W. L., C. L. Alston, C. B. M. Haigh, P. G. Nash, G. A. Wicks and G. E. Hanson.** 2002. Using reflectance sensors in agronomy and weed science. *Weed Technol.* 16: 520-527.
- **Girma, K., J. Mosali, W.R. Raun, K. W. Freeman, K. L. Martín, J. B. Solie and M. L. Stone.** 2005. Identification of optical spectral signature for detecting cheat and ryegrass in winter wheat. *Crop Sci.* 45: 477-485.
- **Goel P. K., S.O. Prasher, R. M. Patel, D. L. Smith, A. DiTommaso.** 2002. Use of airborne multispectral imagery for weed detection in crops. *Transactions of ASAE*, 45: 443-449.
- **Jackson, R. D. and Huete, A. R.** 1991. Interpreting vegetation indexes. *Prev. Vet. Med.* 11: 185-200.
- **Kanemasu, E. T., Demetriades-shah, T. H. & Su, H.** 1990. Estimating grassland biomass using remotely sensed data. In: Application of Remote Sensing ed. M.D. Steven and J.A. Clark. p.185-199.
- **Koger, H. K., D. R. Shaw, K. N. Reddy and L. M. Bruce.** 2004. Detection of pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) with hyperspectral remote sensing. II Effects of vegetation ground cover and reflectance properties. *Weed Sci.* 52: 230-235.
- **Kokaly, R. F., Despain, D. G., Clark, R. N. and Livo, K. R.** 2003. Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of AVIRIS data, *Remote Sensing of Environment*, 84: 437-456.
- **Lass, L. W. and R. H. Callihan.** 1997. The effect of phenological stage on detectability of yellow hawkweed (*Hieracium pratense*) and oxeye daisy (*Chrysanthemum leucanthemum*) with remote multispectral digital imagery. *Weed Technol.* 11: 248-256.
- **Lanjeri S., Meliá, J. and Segarra D.** 2001. A multitemporal masking classification method for vineyard monitoring in central Spain. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 22: 3167-3186.
- **Lanjeri S., Segarra D. Calera A and Meliá J.** 2002. Study of the land use changes effects on the evapotranspiration in central Spain using remote sensing techniques. Proceedings of Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, Valencia, pp 530-536.
- **López-Lozano R. and Casterad M.A.** 2003. Una aplicación SIG para seguimiento en parcela mediante NDVI de irregularidades en el desarrollo del cultivo. Proceedings del X Congreso Nacional de Teledetección, Cáceres, pp 9-12.
- **Peña Barragán J. M., F. López Granados, S. Atenciano, M. Jurado Exposito, M. Sánchez de la Orden, A. García-Ferrer & L. García-Torres.** (2004). Assessment of soil uses in olive groves from aerial photographs, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 117-122.

ES 2 303 476 B1

-- **Radhakrishnan, J, S Liang, J. R. Teasdale** and **C. J. Shuey**. 2002. Remote sensing of weed canopies. In: *From laboratory spectroscopy to remotely sensed spectra of terrestrial ecosystems* (eds Ranjan S. Muttiah), 175-202. *Kluwer Academic Publishers*.

5 -- **Schmidt, K. S.** and **A. K. Skidmore**. 2003. Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland. *Remote Sensing Environ.* 85:92-108.

-- **Smith, A. M. & R. E. Blackshaw**. 2003. Weed-Crop discrimination using remote sensing: a detached leaf experiment. *Weed Technol.* 17: 811-820.

10 -- **Thorp K. R. & L. F. Tian**. (2004). A review of remote sensing of weeds in agriculture. *Precision Agric.*, 5, 477-508.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 303 476 B1

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la obtención automática de indicadores agronómicos y ambientales de plantaciones de árboles mediante teledetección, que comprende las siguientes etapas:

a) Toma de imagen de satélite o fotografía aérea hiperespectral, multispectral o pancromática, con una resolución espacial de aproximadamente 1 metro o inferior, preferiblemente en primavera tardía o verano, y también en otras épocas del año en las que se diferencien los árboles de los restantes usos del suelo tales como la vegetación desecada y/o suelo desnudo,

b) Digitalización y georreferenciación, mediante GPS diferencial para asignar las coordenadas geográficas, en el caso de fotografías aéreas no digitalizadas ni georreferenciadas, respectivamente,

c) Análisis primario de la imagen que comprende a su vez las siguientes etapas:

c.1.) Obtención de imágenes simples compuestas por un sola banda ó índice, del espectro visible (azul: B, verde: G, rojo: R; e infrarrojo cercano NIR), pancromática, o cualquier otra banda en el caso de imágenes hiperespectrales, o de cualquier índice de vegetación que se defina mediante un algoritmo entre cualquiera de las bandas antes mencionadas,

c.2) Definición de regiones representativas ("regiones de interés) de los principales usos en la imagen simple o imágenes simples seleccionadas,

c.3) Definición de valores digitales frontera (VDF) de cada uso de suelo y clasificación/separación de los mismos en la imagen simple seleccionada, mediante un proceso iterativo de selección de VDF contrastado estadísticamente,

c.4) Definición del agrupamiento del uso de suelo a **caracterizar**, con los parámetros dimensión (Max Columnas y Max Filas) y vecindario (proximidad de agrupación), según las características de resolución espacial de la imagen en proceso y el objetivo del estudio en curso,

d) Activación del subprograma informático Clustering Assessment IDL.IAS.1 (CLUAS®) en el programa informático ENVI e implementación de la imagen seleccionada en CLUAS, que comprende a su vez las siguientes etapas:

d.1) Introducción en CLUAS® de los parámetros de los agrupamientos seleccionados en los puntos anteriores c.3) y c.4): VDF, dimensiones y vecindario,

d.2) Procesado por CLUAS® de los indicadores agronómicos y ambientales de la plantación,

d.3) Estudio de la información generada automáticamente por CLUAS®

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las plantaciones de árboles a procesar mediante CLUAS® pueden ser cualquier especie vegetal arbórea, tales como olivo, almendro, cítricos/agrios, alcornoques, encinas, entre otras.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las imágenes remotas se toman preferentemente al final de la primavera o durante en el verano en climas templados de ambiente mediterráneo, y/o cuando sea posible diferenciar espectro-radiométricamente los usos de suelo árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo que **caracterizan** cualquier plantación de árbol.

4. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 y 3 para determinar en cualquier plantación de árbol los siguientes indicadores (relativos a árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo):

a) coordenadas/baricentro geográfico, superficie, y productividad potencial global y por unidad de área de cada árbol cada árbol de la plantación;

b) el número total de árboles, superficie global, y productividad potencial global y unitaria de la plantaciones de árboles en su conjunto; y

c) la superficie de otros usos de suelo que se definan, tales como cubiertas vegetal y suelo desnudo; operaciones que realiza automáticamente el subprograma CLUAS®.

5. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, para discriminar y cuantificar mediante teledetección los usos de suelo que se definan en imágenes simples de una sola banda o índice vegetativo, basándose en el método de agrupamiento de píxeles de cada uso de suelo y estimación de su centro geográfico, número de píxeles integrados (NP) o superficie, valores digitales integrados en cada agrupamiento (VDAG) ó productividad global, y VDGA/NP ó productividad global unitaria, operaciones que realiza automáticamente el subprograma CLUAS®.

ES 2 303 476 B1

6. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3 para diseñar e implementar un programa de agricultura de precisión relativo a la aplicación de fertilizantes, fitosanitarios o dosis de agua de riego en cualquier plantación de árboles.

5 7. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3 para estimar indicadores agroambientales según superficies relativas de los usos de suelo árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo.

10

15

20

25

30

35

40

45

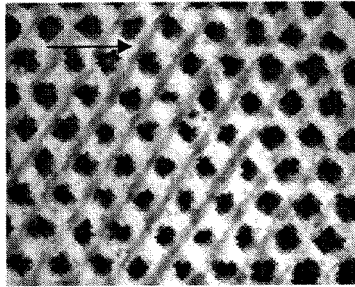
50

55

60

65

Imagen satélite ó aérea digitalizada de alta resolución espacial



Equipo informático

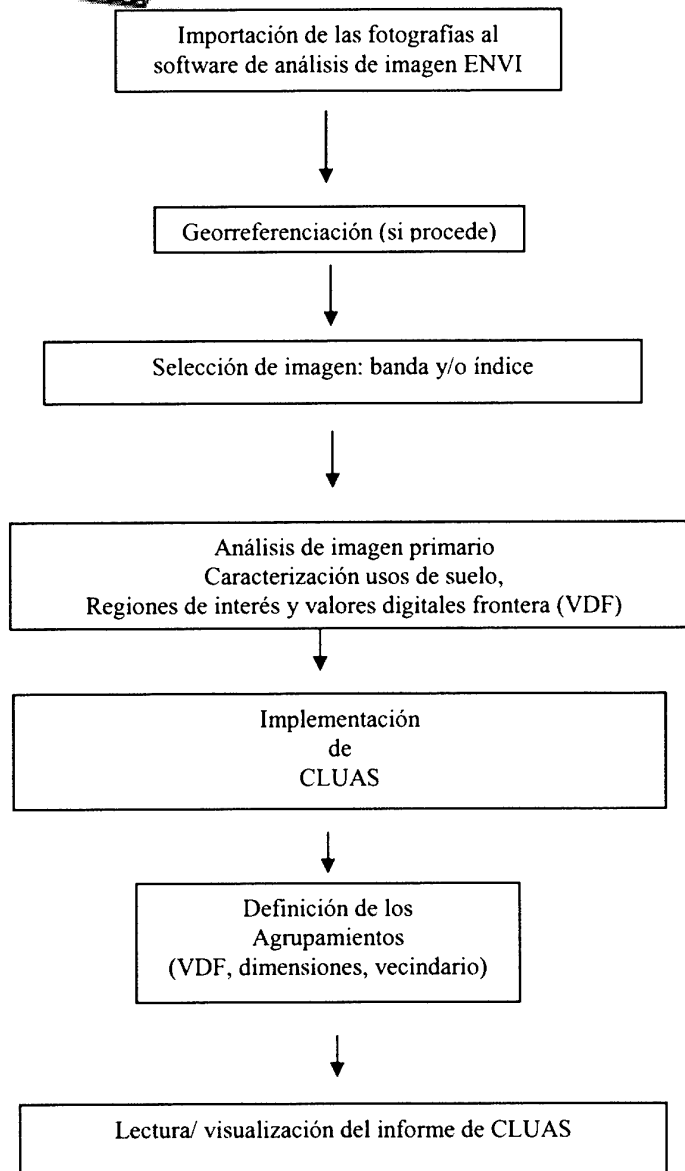
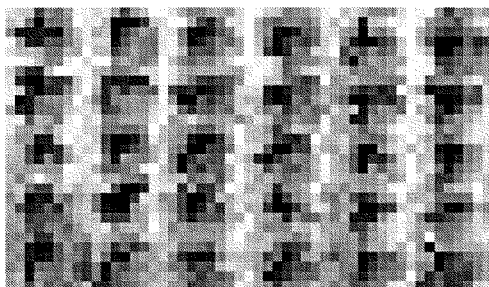


Figura 1

a)



b)

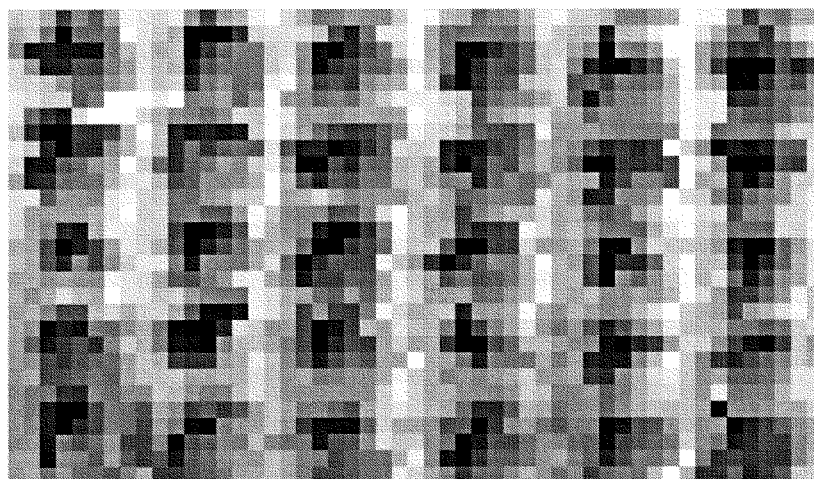
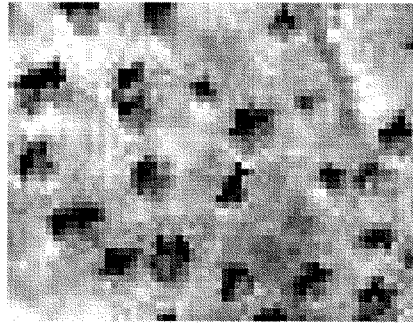


Figura 2

a)



b)

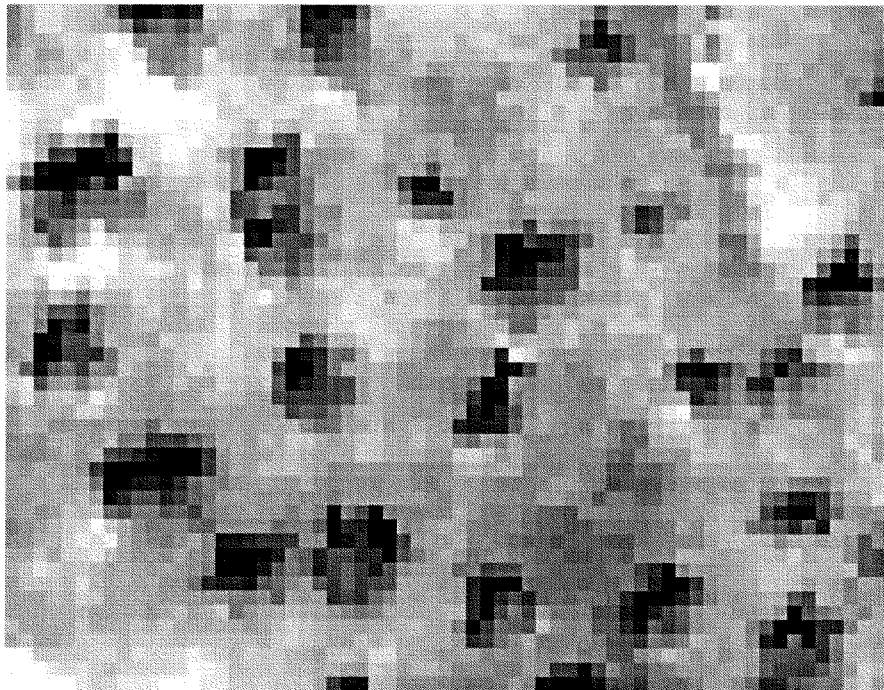


Figura 3

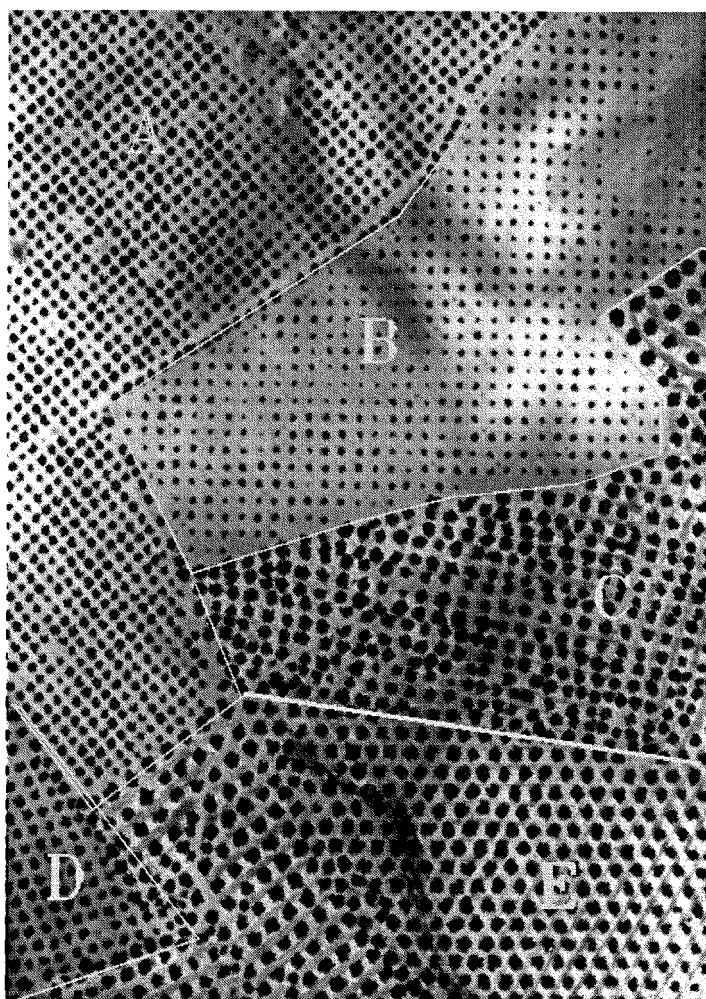


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 303 476

② Nº de solicitud: 200700256

③ Fecha de presentación de la solicitud: 31.01.2007

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G06K 9/00** (2006.01)
A01C 21/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 0133505 A2 (MONSANTO CO; MCGUIRE JOHN DENNIS; PEARSON RANDALL SCOTT) 10.05.2001, página 2, líneas 18-36; páginas 3,4; página 5, líneas 1-7; página 10, líneas 20-24; página 12, líneas 5-19; página 13, líneas 20-36; página 14, líneas 18-28; página 15, líneas 4-38; página 16; página 17, líneas 1-2; página 20, líneas 29-35; página 21, líneas 5-34; reivindicaciones; dibujos.	1-7
X	WO 9919824 A1 (CASE CORP) 22.04.1999, página 4; página 5, líneas 1-8; página 6, líneas 18-23,31,32; página 7, líneas 1-3,7-20; página 8, líneas 1-11,20-27; página 9, líneas 9-31; página 10, líneas 1-14; página 11, líneas 12-20,25-32; página 12, líneas 1-20; página 13, líneas 13-32; página 14, líneas 1-13,23-27; página 15, líneas 23-32; página 16, líneas 1-13,20-25; reivindicaciones; dibujos.	1-7
A	US 6356646 B1 (SPENCER et al.) 12.03.2002	1
A	US 7068816 B1 (KNOBLAUCH et al.) 27.06.2006	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.05.2008

Examinador
M^a C. González Vasserot

Página
1/1