

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
9 de Marzo de 2006 (09.03.2006)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2006/024686 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes: **G01C 11/12**

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2005/070105

(22) Fecha de presentación internacional:
20 de Julio de 2005 (20.07.2005)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200401840 26 de Julio de 2004 (26.07.2004) ES

(71) Solicitantes (para todos los Estados designados salvo
US): **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS** [ES/ES]; C/ SERRANO, 117, E-28006

MADRID (ES). **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**
[ES/ES]; Campus Universitario Rabanales, Ctra. Madrid,
km 396, E-14071 CÓRDOBA (ES).

(72) Inventores; e

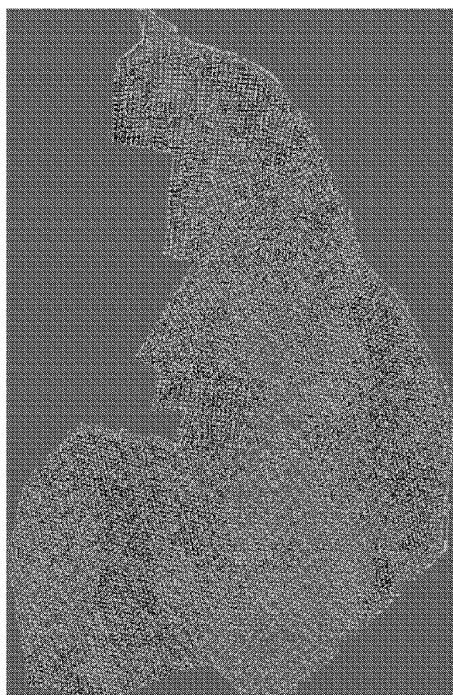
(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **LÓPEZ
GRANADOS, Francisca** [ES/ES]; Insto. Agricultura
Sostenible, Consejo Superior de Investigaciones Científi-
cas, Apartado 4084, E-14080 CÓRDOBA (ES). **GARCÍA
TORRES, Luis** [ES/ES]; Insto. Agricultura Sostenible,
Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Apartado
4084, E-14080 CÓRDOBA (ES). **GARCÍA PULIDO,
Jacobo** [ES/ES]; Insto. Agricultura Sostenible, Consejo
Superior de Investigaciones Científicas, Apartado 4084,
E-14080 CÓRDOBA (ES). **PEÑA BARRAGÁN, José,
Manuel** [ES/ES]; Insto. Agricultura Sostenible, Consejo
Superior de Investigaciones Científicas, Apartado 4084,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD OF DIFFERENTIATING AND QUANTIFYING AN OLIVE GROVE WITH VEGETATIVE COVERS BY
MEANS OF REMOTE SENSING WITH HIGH-RESOLUTION SPACE SENSORS

(54) Título: PROCEDIMIENTO PARA LA DISCRIMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE OLIVAR CON CUBIERTAS VE-
GETALES MEDIANTE TELEDETECCIÓN CON SENSORES DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL

Imagen C (B-A)
Image



(57) Abstract: The invention relates to a method of differentiating and quantifying an olive grove with vegetative covers by means of remote sensing with high-resolution space sensors. The invention is suitable for use in agriculture and, more specifically, by enterprises providing technical assistance in the field of agriculture or the environment or in relation to public or private agro-environmental audits. The invention essentially consists in using remote sensing techniques in order to perform precise, large-scale monitoring of agricultural producers using conservation techniques in olive groves. Said techniques consist in maintaining vegetative covers between windrows of trees and on bare soil in order to slow the impact of raindrops on the earth, reduce erosion and increase rainwater infiltration. The inventive method provides a highly-precise tool having numerous agro-environmental uses including: 1) to differentiate olive groves with and without vegetative covers over large geographical areas from soils being used for other purposes; 2) to estimate the percentage of cover (or surface area) occupied by individual olive trees and vegetative covers on farm land; 3) to determine entitlement or non-entitlement to aid/subsidies intended to promote conservation techniques in accordance with the different regulations outlined above; and 4) to estimate, on a large scale, the reduction in erosion risk of a farming area in which vegetative covers have been established compared to other areas that have not implemented said agronomic technique.

(57) Resumen: El presente procedimiento tiene aplicación en Agricultura, y más concretamente en Empresas de Asistencia Técnica Agraria o Medioambiental, o bien en Auditorías Agroambientales Públicas o Privadas. Principalmente consiste en utilizar técnicas de teledetección para realizar un seguimiento preciso y a gran escala de los productores

[Continúa en la página siguiente]

WO 2006/024686 A1



E-14080 CÓRDOBA (ES). **JURADO EXPÓSITO, Montserrat** [ES/ES]; Insto. Agricultura Sostenible, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Apartado 4084, E-14080 CÓRDOBA (ES). **GARCÍA-FERRER PORRAS, Alfonso** [ES/ES]; UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, Campus Universitario Rabanales., Ctra. Madrid, km 396, E-14071 CÓRDOBA (ES). **SÁNCHEZ DE LA ORDEN, Manuel** [ES/ES]; UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, Campus Universitario Rabanales., Ctra. Madrid, km 396, E-14071 CÓRDOBA (ES).

(81) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,

SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Estados designados** (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

agrícolas que utilicen técnicas de conservación en olivar. Éstas consisten en el mantenimiento de cubiertas vegetales entre las hileras de árboles y sobre el suelo desnudo con objeto de frenar el impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno, reducir la erosión y aumentar la infiltración del agua de lluvia. El procedimiento objeto de la patente facilitaría una herramienta de alta precisión que tendría numerosas aplicaciones agro-ambientales, entre las principales se podrían destacar: 1) discriminar las fincas de olivar con y sin cubiertas vegetales en amplias zonas geográficas del resto de los usos de suelo, 2) estimar el porcentaje de cobertura (o de superficie) que ocupan los olivos individuales y las cubiertas vegetales en las fincas agrícolas, 3) determinar el derecho o no a la percepción de ayudas / subvenciones destinadas a favorecer la técnicas de conservación según distintos reglamentos citados en el apartado anterior, y 4) estimar a gran escala la disminución del riesgo de erosión que puede presentar una zona agrícola en la que se han implantado cubiertas vegetales en comparación con otra en la que no se ha seguido esta técnica agronómica.

1. TÍTULO

PROCEDIMIENTO PARA LA DISCRIMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE OLIVAR CON CUBIERTAS VEGETALES MEDIANTE TELEDETECCIÓN CON SENSORES DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL.

5

2. SECTOR DE LA TÉCNICA

Primer sector: AGRICULTURA. 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 conservación en olivar consistentes en el mantenimiento de cubiertas vegetales entre hileras de árboles con objeto de alcanzar beneficios medioambientales como reducción de la erosión del suelo, aumento de la lluvia infiltrada o disminución de la evapotranspiración del suelo. La técnica de teledetección objeto de esta patente permitirá que determinadas empresas, como por ejemplo las auditorías agroambientales de las Administraciones Públicas o de entidades privadas, discriminen la existencia o no de cubiertas vegetales en olivar, así como la extensión relativa o porcentaje de cobertura, lo que puede ser necesario para obtener el derecho de recepción de ayudas/ subvenciones.

20

3. ESTADO DE LA TÉCNICA

Recientemente se ha solicitado la patente "Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y cuantificación de cubiertas vegetales mediante teledetección con fotografía aérea" con N° de solicitud 200401438. Esta patente lleva inherente el uso de fotografía aérea, lo que conlleva la cuantificación de cubiertas vegetales en zonas de superficie reducida, es decir, se puede discriminar la presencia o no de cubiertas y cuantificar su superficie en varias decenas de hectáreas (escala de finca agrícola).

Sin embargo, el procedimiento que se presenta en la solicitud de patente que nos ocupa implica la discriminación de cubiertas vegetales y la cuantificación de la superficie que ocupan a gran escala, es decir, en zonas agrícolas que comprenden como mínimo 64 km² que es la superficie mínima que en la actualidad se puede adquirir con los satélites de alta resolución espacial. Lo anterior significa que estas dos patentes son independientes o complementarias. Así, si una empresa (o administración pública)

está interesada en cuantificar las cubiertas vegetales en una zona agrícola en la que predomina el olivar (por ejemplo Úbeda, prov. de Jaén), debería adquirir una imagen satélite de alta resolución espacial (precio estimado actualmente en unos 2000 €) para rentabilizar al máximo sus trabajos siguiendo la metodología que se describe en esta solicitud de patente. Esto se debe a que en esa zona va a poder estudiar decenas de fincas ya que hay poca superficie no dedicada a olivar. En cambio, si la empresa debe cuantificar las cubiertas en un área en la que abundan otro tipo de cultivos, por ejemplo zona de campiña de Sevilla con predominio de trigo-girasol, le resultaría más rentable adquirir una fotografía aérea (precio estimado 300 €) y seguir la metodología que se describe en la solicitud de patente N° 200401438 para estudiar exactamente la finca objeto de su interés.

3.1. Teledetección: breves fundamentos y tipos de resolución de los sensores usados en teledetección

El término teledetección se puede definir como la adquisición de información sobre un objeto sin mediar contacto físico con él mediante la medida y el registro de la energía electromagnética que refleja o emite. Así mismo conlleva la interpretación y relación de esta información con la naturaleza y propiedades de dicho objeto.

Un sistema de teledetección se caracteriza por la concurrencia de los siguientes procesos: 1) emisión de radiación electromagnética desde una fuente de luz (normalmente el Sol), 2) interacción de la radiación con la superficie terrestre, 3) interacción de la radiación con la atmósfera, y 4) captura de la energía reflejada en sensores remotos instalados a bordo de plataformas aéreas (aviones) o espaciales (satélite). Dicha energía se corresponde con diversas frecuencias (o longitudes de onda) dentro del espectro electromagnético que va desde ondas de radio de baja frecuencia, pasando por el espectro visible (bandas azul, verde y roja), el infrarrojo y hasta los rayos X, gamma e incluso cósmicos. Cada objeto o superficie terrestre presenta una forma peculiar de emitir o reflejar energía que se conoce como firma espectral (Chuvieco, 2002).

En teledetección es imprescindible conocer el poder de resolución de un sensor para estudiar su funcionamiento y sus aplicaciones, ya que de esta característica va a depender la cantidad y calidad de la información registrada. De forma resumida se explican a continuación los cuatro tipos de resolución que normalmente se consideran:

Resolución espectral: indica el número y la anchura de las bandas espectrales en las que el sensor es capaz de medir la energía reflejada. Un sensor es más idóneo o específico o de mayor poder de discriminación, cuanto mayor número de bandas proporciona, ya que así se facilita la caracterización espectral de un mayor número de cubiertas terrestres. Los satélites QuickBird (QB) e IKONOS presentan la posibilidad de adquirirse según dos resoluciones espectrales: pancromática (abarca una única banda que engloba la zona visible del espectro: 450-900 nm) y multiespectral (azul: 450-520 nm, verde: 520-600 nm, roja: 630-690 nm, e infrarrojo cercano: 760-900 nm).

10

Resolución espacial: indica el nivel de detalle que ofrece la imagen, esto es las dimensiones del objeto más pequeño que puede ser distinguido en la misma. En la actualidad hay dos satélites que tienen la mayor resolución espacial del mercado: (QB) e IKONOS, con unas resoluciones de 0.7 m x 0.7 m en pancromático y de 2.8 m x 2.8 m en multiespectral, y de 1 m x 1 m en pancromático y 4m x 4 m en multiespectral, respectivamente. En épocas pasadas había una gran diferencia entre la resolución espacial de las fotografías aéreas y las imágenes de satélite, ya que éstas no ofrecían un tamaño de píxel tan pequeño como el que se podía obtener con las fotografías aéreas. Actualmente, una vez lograda una resolución espacial elevada en los satélites, la gran diferencia entre las fotografías aéreas y las imágenes QB e IKONOS se refiere a que con aquéllas se pueden estudiar varias decenas hectáreas de superficie, mientras que con las imágenes de satélite se pueden analizar varias decenas de km². Por ejemplo la superficie mínima que se puede adquirir es de 64 km² y 121 km² , en QB e IKONOS, respectivamente.

25

Resolución radiométrica: hace referencia a la sensibilidad del sensor, a su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. En un sensor óptico electrónico, la radiación recibida se transforma a valores digitales. El número de valores que se incluyen en el rango se identifican con la resolución radiométrica del sensor. Cuanto mayor sea la resolución radiométrica tanto mejor podrá interpretarse la imagen. *Nivel Digital:* ("Pixel Value") es pues el valor entero que traduce numéricamente la intensidad radiométrica recibida por un sensor óptico-electrónico.

30

Resolución temporal: también a este parámetro se le conoce como “ciclo” o “revisita”, y es el intervalo de tiempo con el que se realiza la toma de datos sobre una misma zona. El ciclo de cobertura es función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación), así como del diseño del sensor: ángulo de observación y cobertura.

3.2. Teledetección y Análisis de imagen

A continuación se exponen una serie de conceptos básicos en los procesos de análisis de imagen y que se utilizarán a lo largo de la presente memoria.

10

Filtros Digitales: se utilizan cuando se trata de acentuar o atenuar determinados valores o rangos radiométricos de una imagen mediante la modificación de la matriz de datos numéricos que la constituyen. Esto se consigue aplicando una transformación a la matriz digital mediante operadores locales, bien para aproximar los valores digitales o los de los vecinos o diferenciarlos aún más. Existen diferentes tipos de filtros, siendo los de convolución (paso alto, paso bajo, mediana, direccionales y laplacianos, entre otros) los más utilizados. En éstos, el valor digital del píxel transformado es función de la media ponderada de los valores digitales de los píxeles vecinos. En los de filtro de paso alto y paso bajo se eliminan además los valores digitales de baja y alta frecuencia, respectivamente. El filtro de mediana consiste en sustituir el valor digital de cada píxel central de una matriz 3 x 3 por la media de los 9 píxeles de ésta y se utiliza para suavizar la imagen eliminando ruidos de fondo.

Índices de vegetación: son parámetros calculados a partir de operaciones matemáticas entre bandas (o valores digitales concretos) de la imagen a distintas longitudes de onda. Su finalidad es extraer la información que se persigue y se utilizan principalmente en dos escenarios: 1) para mejorar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto en esas dos bandas, y 2) para reducir el efecto del relieve en la caracterización espectral de las distintas cubiertas. El índice de vegetación ideal es aquel “particularmente sensible a la cubierta vegetal, insensible al brillo y color del suelo, y poco afectado por las perturbaciones atmosféricas”. Dicho índice evidentemente no existe y los que se encuentran en la biografía son diversas aproximaciones al mismo (Sobrino, 2000).

El índice NDVI [(Infrarrojo - Rojo)/ (Infrarrojo + Rojo)] es el más utilizado en aplicaciones agronómicas debido a su sencillez matemática, fácil interpretación y poder de normalización de la respuesta espectral de sistemas de vegetación, alcanzando un alto grado de correlación con diversos parámetros de interés agronómico.

5

Clasificación digital: Es una alternativa a la interpretación visual de la imagen que consiste en agrupar las zonas que se asemejen bajo distintos aspectos de similitud (Sobrino, 2000). Se trata de obtener una nueva imagen que condense la información digital contenida en las distintas bandas espectrales que conforman la imagen original, en la que cada nivel digital no es más que un indicador de la categoría en la que se ha incluido al punto al que corresponde. La imagen resultante se la puede describir como un mapa temático, en la que cada clase o tema está estadísticamente caracterizada por unos valores o clases espectrales. Los procesos de clasificación habituales pueden ser *supervisados o no supervisados*.

10

Los *métodos de clasificación no supervisados* sólo requieren la intervención del operador para la interpretación de los resultados. Detectan y localizan las agrupaciones naturales de niveles digitales (ND) en una imagen sin usar más información que la propia imagen o el resultado de aplicarles alguna transformación. Luego, el usuario debe identificar las agrupaciones y decidir a qué clase informacional las asigna; las agrupaciones se basan en medidas de similitud de los ND o de los grupos de ND; existen muy diversos algoritmos para definir la similitud de los ND o grupos de ND.

15

20

Los *métodos de clasificación supervisados* se caracterizan por el hecho de que es el usuario el que usando sus conocimientos de la zona a la que corresponde la imagen, el que maneja y orienta las clases que el algoritmo luego detectará. Indica, pues, qué clases deben ser definidas o detectadas por uno o varios algoritmos. Si las muestras son seleccionadas cuidadosamente, el algoritmo funcionará posiblemente de forma efectiva.

25

Verificación de resultados: Mapas Verdad Terreno y Matriz de confusión. El tratamiento digital de imágenes es la manipulación de los datos digitales contenidas en una imagen con ayuda de un procedimiento informático y con objeto de proceder a su corrección, perfeccionamiento y/o extracto de rasgos. Método numérico de selección de índices: Matriz de Confusión. Se obtiene al comparar un mapa "ráster" obtenido de una determinada clasificación (por ejemplo, del uso de un determinado índice de

30

6

vegetación), con otro mapa “ráster” que representa la realidad del terreno verificada en campo (mapa “verdad terreno”), para cada una de las variables clasificadas. Se denomina de confusión porque recoge los conflictos que se presentan entre categorías o clasificaciones.

- 5 En la matriz de confusión las filas indican clases de referencia y las columnas categorías deducidas de la clasificación. Lógicamente ambas tendrán el mismo número y significado por ser una matriz cuadrada. La diagonal de esta matriz representa el número de píxeles de verificación donde se produce acuerdo entre las dos fuentes (mapa clasificado por el índice y mapa “verdad-terreno”), mientras que los marginales suponen
- 10 errores de asignación. El interés de las tablas de confusión proviene de su capacidad para plasmar los conflictos entre categorías. De esta forma, se conoce la fiabilidad global de la clasificación, y también la exactitud conseguida para cada una de las clases, así como los principales conflictos entre ambas.

- Para elegir el índice con el que mejores resultados se obtiene en la
- 15 discriminación de los usos de suelo se ha empleado la matriz de confusión. Para ello, se compara la clasificación llevada a cabo por cada índice, con la clasificación del mapa “verdad-terreno”, obteniéndose el porcentaje de acierto en la clasificación. Se estimó la exactitud total (“Overall Accuracy”, OA) de cada índice de vegetación y/o clasificación de uso de suelo obtenida en cada procesado de imagen mediante el desarrollo de su
- 20 “matriz de confusión”, cuyo desarrollo esquemático se indica a continuación.

- La exactitud global es el porcentaje de píxeles clasificados por igual en ambos mapas; se considera el porcentaje de acierto total en la clasificación de un índice. Los residuales en filas indican los usos del suelo del mapa “verdad-terreno” que no se incluyeron en el mapa clasificado, mientras los residuales en columnas implican usos
- 25 del suelo del mapa clasificado que no se ajustan al mapa “verdad-terreno”; en definitiva, representan los errores de omisión y comisión, respectivamente (Chuvieco, 2002). Más detalles se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de confusión de la clasificación de los usos de suelo en el mapa “verdad-terreno” (MVT) y en el mapa resultante de la clasificación (MRC).

Mapa Verdad-Terreno (<i>MVT</i>)	Mapa resultante de clasificados (<i>MRC</i>)				
	<i>US1</i>	<i>US2</i>	<i>US3</i>	suelo no clasificado (<i>SNC</i>)	Exactitud
Uso de suelo (<i>US1</i>)	a*	b	c	----	$a/(a+b+c)$
Uso de suelo (<i>US2</i>)	d	e	f	----	$e/(d+e+f)$
Uso de Suelo (<i>US3</i>)	g	h	i	----	$i/(g+h+i)$
Fiabilidad	$a/(a+d+g)$	$e/(b+e+h)$	$i/(c+f+i)$	-----	----

- (a), (e), (i) número de píxeles de los usos del suelo *US1*, *US2* y *US3* que coinciden en el mapa verdad- terreno (*MVT*) y en el mapa resultante de la clasificación (*MRC*) para los usos del suelo *US1*, *US2* y *US3*, respectivamente. (b) y (c), (d) y (f), y (g) y (h) son los número de píxeles clasificados como usos de suelo *US1*, *US2* y *US3* en *MRC*, respectivamente, y clasificados de otra forma en el *MVT*. La exactitud para cada uso de suelo es el porcentaje de píxeles del *MRC* también así clasificados en el *MVT*, e indica el grado de acierto en la clasificación de cada uso de suelo. La Fiabilidad para cada uso de suelo es el porcentaje de píxeles de cada uso de suelo del *MVT* clasificado como tal en el *MRC*, e indica la coincidencia con la realidad. El índice de exactitud global (IEG, Overall Accuracy= OA) es la media de los índices de exactitud de cada uso de suelo, esto es el número de píxeles correctamente asignado a cada uso de suelo globalmente e indica el grado de acierto global de cada índice de vegetación o procesos clasificatorio de la imagen. Los elementos de cada columna de la tabla indican aquellos usos de suelo clasificados de esta forma en el *MRC* que no concuerdan así en el *MVT*; de forma similar los elementos residuales de cada fila indican aquellos usos de suelo así clasificados en el *MVT* que no concuerdan así en el *MRC*.

3.3. Teledetección y clasificaciones de uso de suelo

Los trabajos sobre clasificación de los usos del suelo mediante imágenes 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
5 diversas: costeras, parques naturales, masas forestales, zonas agrícolas, entre otras muchas. Citando los trabajos más recientes, se han realizado estudios con objeto de detectar de forma sistemática las anomalías en el desarrollo de los cultivos de regadío en Aragón (López-Lozano y Casterad, 2003), con el fin de monitorizar el crecimiento de cultivos con datos biofísicos como altura de la planta, LAI y biomasa (Calera et al.,
10 2001; 2002), o con el objetivo de 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 obteniendo resultados en la teledetección de malas hierbas en cultivos con sensores aerotransportados multispectrales (Goel et al.,
15 2002).

El procedimiento descrito en esta patente tiene una serie de ventajas, entre las que destacan: 1) posibilidad de estudiar gran superficie de terreno utilizando sensores remotos a un precio competitivo, 2) discriminación de los usos de suelos de un área de
20 alta productividad agronómica y en la que se puede considerar que está representada la gran mayoría de cultivos propios de muchas zonas de la agricultura mediterránea, y 3) posibilidad de estudiar olivo con cubiertas, que sería el objetivo prioritario, y comprobar la superficie ocupada por cualquier otro cultivo que exista en la zona.

25 3.4. Técnicas de agricultura de conservación: el caso del olivar

El cultivo del olivo es de suma importancia en la mayoría de países de la zona mediterránea (12.4 millones de ha. de los que 2.4 están en España; Civantos, 2001), pero está provocando cuantiosas pérdidas de suelo cultivable cada año. Para que este cultivo se mantenga en el futuro es necesario reducir las enormes tasas de erosión (una
30 media de 40 a 80 ton/ha-año; Laguna, 1989; Pastor-Muñoz y Castro-Rodríguez, 1997). Para ello, se han desarrollado las técnicas de agricultura de conservación (también denominadas técnicas conservacionistas) que promueven el cultivo de cubiertas vegetales (principalmente gramíneas) entre las hileras y sobre el suelo desnudo del

cultivo leñoso (frutales o cítricos y olivar) con objeto de frenar el impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno y el arrastre de sedimentos (García-Torres, 2000).

Desde 1999, la Unión Europea ha desarrollado una serie de disposiciones para promover la conservación del suelo agrícola y reducir su erosión (Reglamentos Europeos 1257/1999, 1259/1999 y, recientemente el 1782/2003), y que han sido incorporadas a la Normativa Española por el Real Decreto 4, 2001. Previas a esta normativa, el Gobierno Andalúz desarrolló de forma pionera, una serie de Órdenes encaminadas a financiar ayudas a aquellos agricultores que apliquen estas técnicas conservacionistas, exigiendo que el mínimo porcentaje de cubierta vegetal en la finca de olivar sea del 40 % (BOJA, 1998; BOJA, 2003).

Determinar este porcentaje de cobertura directamente en campo (“*in situ*”) resulta prácticamente inviable desde un punto de vista técnico y económico. Sin embargo, las técnicas de teledetección son muy adecuadas por los siguientes motivos: 1) el sensor utilizado (satélite o fotografía aérea) registra lo que hay en campo (objetividad), 2) el procedimiento de análisis de la imagen obtenida es rápido una vez se ha puesto el método a punto, 3) permiten trabajar de forma secuencial, 4) evitan los muestreos en campo (eluden problemas meteorológicos), y 5) 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.

20

3.5. Uso de Cubiertas vegetales: breves fundamentos

Las cubiertas vegetales pueden ser de diferente composición, si bien principalmente están constituidas por especies de gramíneas u hoja ancha, bien de una sola especie o mezcla de varias. Entre las más utilizadas están la cebada: (*Hordeum* spp), distintas especies de *Avena*, vallico (*Lolium rigidum*), crucíferas (*Sinapis* spp), o leguminosas (*Veza* spp). Su objetivo es interceptar las gotas de agua de lluvia y aumentar la velocidad de infiltración del terreno (reduciendo la escorrentía). Asimismo, su presencia conlleva la inexistencia de labores en campo evitando así la evapotranspiración del agua del suelo. Las cubiertas se siembran a primeros de otoño entre las calles del cultivo, germinan con las primeras lluvias y se establecen durante la primavera (Figuras 1 a y 1 b). Posteriormente (la segunda quincena de marzo), con objeto de interrumpir su ciclo vegetativo y evitar competencia del olivo (u otro árbol frutal) por agua y nutrientes, se

30

siegan mecánica (con desbrozadoras) o químicamente (con herbicidas de traslocación o acción total: sulfosato o glifosato; Figuras 1 c y 1 d).

La técnica que se describe a continuación está basada en procedimiento de análisis de imágenes de satélite que permiten: 1) discriminar olivar del resto de cultivos de la zona, las cubiertas vegetales y el suelo desnudo / suelo urbano, y 2) cuantificar el porcentaje de superficie que ocupan las cubiertas vegetales en una determinada finca.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

4.1. Breve descripción de la invención

El objeto de la presente invención es un procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales mediante teledetección con sensores de alta resolución espacial que comprende las siguientes etapas:

- a) obtención de una imagen A que es el resultado de aplicar índices de vegetación y filtros digitales a una imagen de satélite tomada en verano, permitiendo dicha imagen A la discriminación de árboles de olivo del resto de usos de suelo presentes en la imagen satélite
- b) obtención de una imagen B que es el resultado de aplicar índices de vegetación y filtros digitales a una imagen de satélite tomada en primavera, permitiendo dicha imagen B la discriminación de árboles y cubierta vegetal del suelo desnudo
- c) restar a la imagen B, la imagen A para obtener una imagen C que permite discriminar la cubierta vegetal del resto de usos de suelo, siendo éstos árboles de olivo y suelo desnudo.
- d) cuantificar la superficie ocupada por la cubierta vegetal discriminada previamente en la imagen C.

La imagen A del punto a) se obtiene como resultado de un proceso de análisis de una imagen de satélite multispectral que comprende los siguientes pasos:

- a) toma de una imagen georreferenciada multispectral en verano
- b) aplicación del índice IR/R (infrarrojo/rojo) y de un filtro de paso bajo a la imagen de a), permitiendo discriminar suelo urbano y suelo desnudo del resto de usos de suelo
- c) eliminación de los usos de suelo discriminados en b)

- d) aplicación del índice NDVI (infrarrojo-rojo/infrarrojo+rojo) y un filtro de mediana a la imagen obtenida en c) que permite discriminar cultivos de viña, herbáceos y hortícolas del resto de usos de suelo
- e) eliminación de los usos de suelo discriminados en d) en la imagen resultante
- 5 f) aplicación del índice A/V (azul/verde) y un filtro de mediana, permitiendo discriminar rastrojo de trigo y olivar con y sin cubiertas vegetales
- g) aplicación del índice NDVI y un filtro de paso largo al olivar discriminado en f) lo que finalmente da lugar a la imagen A.
- 10 La imagen B se obtiene como resultado de un proceso de análisis de una imagen de satélite multispectral que comprende los siguientes pasos:
- a) toma de una imagen georreferenciada multispectral en primavera
- b) aplicación del índice NDVI y dos filtros de mediana consecutivos, permitiendo discriminar olivar, con y sin cubierta vegetal, del resto de los
- 15 usos de suelo
- c) aplicación del índice NDVI y dos filtros de mediana consecutivos, permitiendo discriminar olivar con cubierta vegetal del olivar sin cubierta vegetal
- d) aplicación del índice NDVI a la imagen obtenida en c) que discrimina olivar
- 20 con cubierta vegetal

En este procedimiento se utilizan imágenes de satélite georreferenciadas multispectrales que pueden ser tomadas por sensores que presentan al menos las bandas azul, verde, rojo e infrarrojo, y con una resolución espacial alta. Preferentemente

25 se utilizan las imágenes de los satélites IKONOS y QuickBird. La resolución espacial de los sensores es menor o igual a 4m.

Otro objeto de la patente es la utilización del presente procedimiento para discriminar y cuantificar el porcentaje de superficie ocupada por las cubiertas vegetales

30 en olivar. Asimismo, y debido a que el procedimiento tiene distintos pasos bien diferenciados, se puede detener en cualquiera de los pasos intermedios descritos anteriormente en el caso de que interese estudiar alguno de los cultivos o usos de suelo que se discriminan en el mismo.

4.2. Breve descripción de las figuras

Figura 1. Imagen A: resultado de aplicar el índice NDVI* + filtro de paso largo sobre una de las parcelas de olivar discriminadas. En verde se representan los árboles de olivo presentes en la parcela y en rojo todo lo que no es olivo. (*NDVI= Infrarrojo-Rojo / Infrarrojo + Rojo).

Figura 2. Imagen B: resultado de aplicar el índice NDVI* sobre una de las parcelas de olivar con cubiertas vegetales. En verde se representan los árboles de olivo y las cubiertas vegetales presentes en la parcela. En rojo se representa en suelo desnudo. (*NDVI= Infrarrojo-Rojo / Infrarrojo + Rojo).

Figura 3. Imagen C: resultado de sustraer de la imagen B, la imagen B (B-A). En rojo se representa el suelo desnudo, en verde los árboles de olivo y en azul la superficie ocupada por cubierta vegetal.

4.3. Descripción detallada de la invención

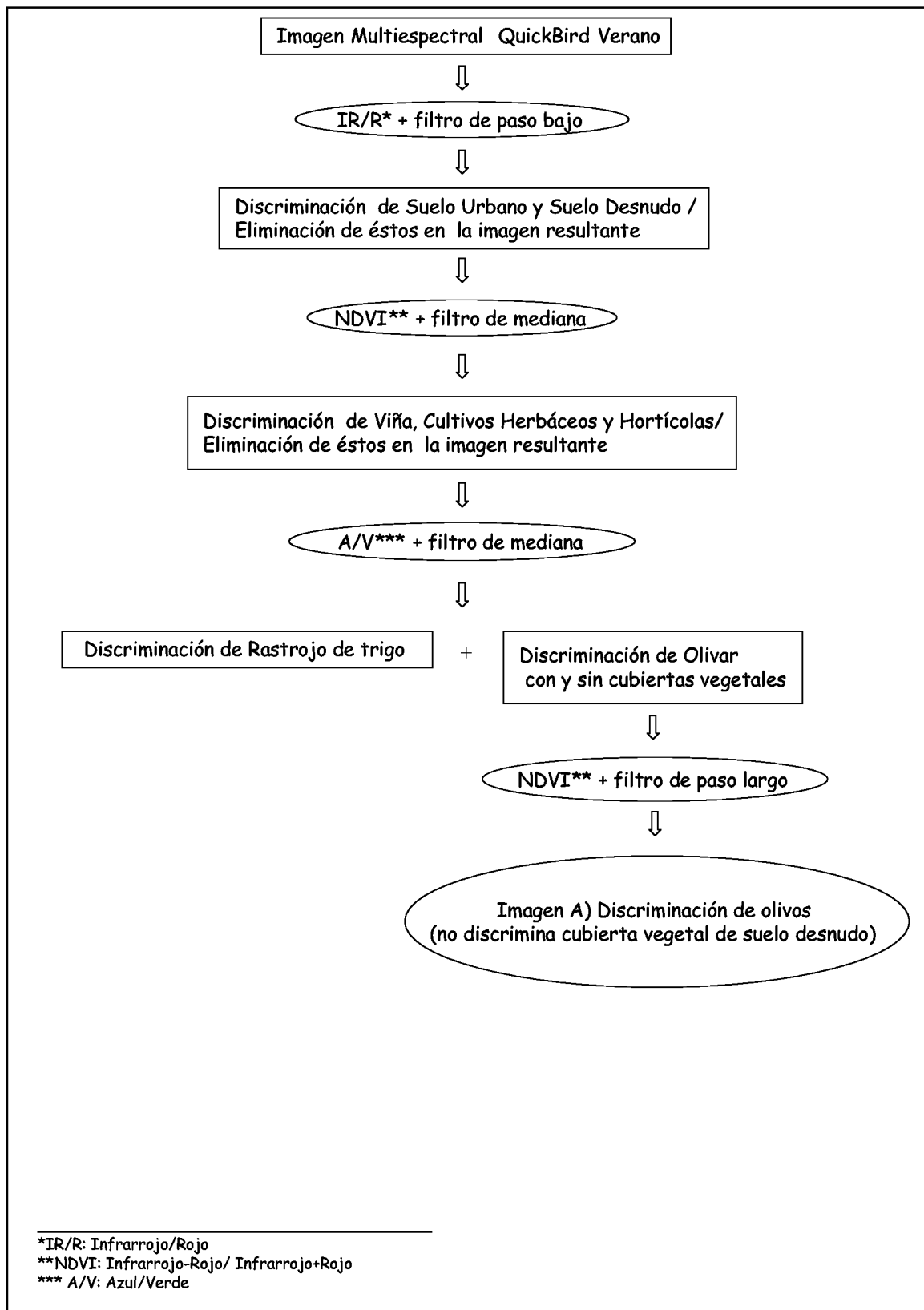
En el procedimiento objeto de la presente patente pueden utilizarse imágenes de los satélites QuickBird e/o IKONOS, disponibles ya en el mercado, aunque también es posible utilizar imágenes de otros satélites o sensores remotos que se puedan poner en funcionamiento en lo sucesivo, siempre que tengan al menos las bandas Azul, Verde, Rojo e Infrarrojo y que posean una alta resolución espacial (≤ 4 m en multiespectral).

4.3.1. Separación sucesiva de los usos de suelo con imágenes multiespectrales de verano con objeto de discriminar parcelas de olivar con y sin cubiertas vegetales.

Se parte de una imagen georreferenciada multiespectral (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) QuickBird tomada en julio, de 80 km², de la zona en estudio. El procedimiento consistió en la discriminación de parcelas de olivar con y sin cubiertas vegetales del resto de los usos de suelo. Para ello se definieron los siguientes usos de suelo: olivar, viña, rastrojo de trigo, cultivos hortícolas y herbáceos, suelo desnudo y suelo urbano. Posteriormente, se establecieron 5 parcelas para los diferentes usos de suelo que se habían definido y a esta superficie se la denominó “verdad-terreno”. Dichas parcelas se seleccionaron visualmente en un PC y posteriormente se verificaron los usos de suelo definidos anteriormente mediante visitas en campo y comprobación de coordenadas con GPS. A continuación se aplicaron una serie de índices de vegetación y filtros para diferenciar los usos de suelo descritos y separando éstos mediante el método de

clasificación supervisada por separación de clases. Posteriormente, se evaluó su capacidad de discriminación en las parcelas “verdad-terreno” a través de la matriz de confusión.

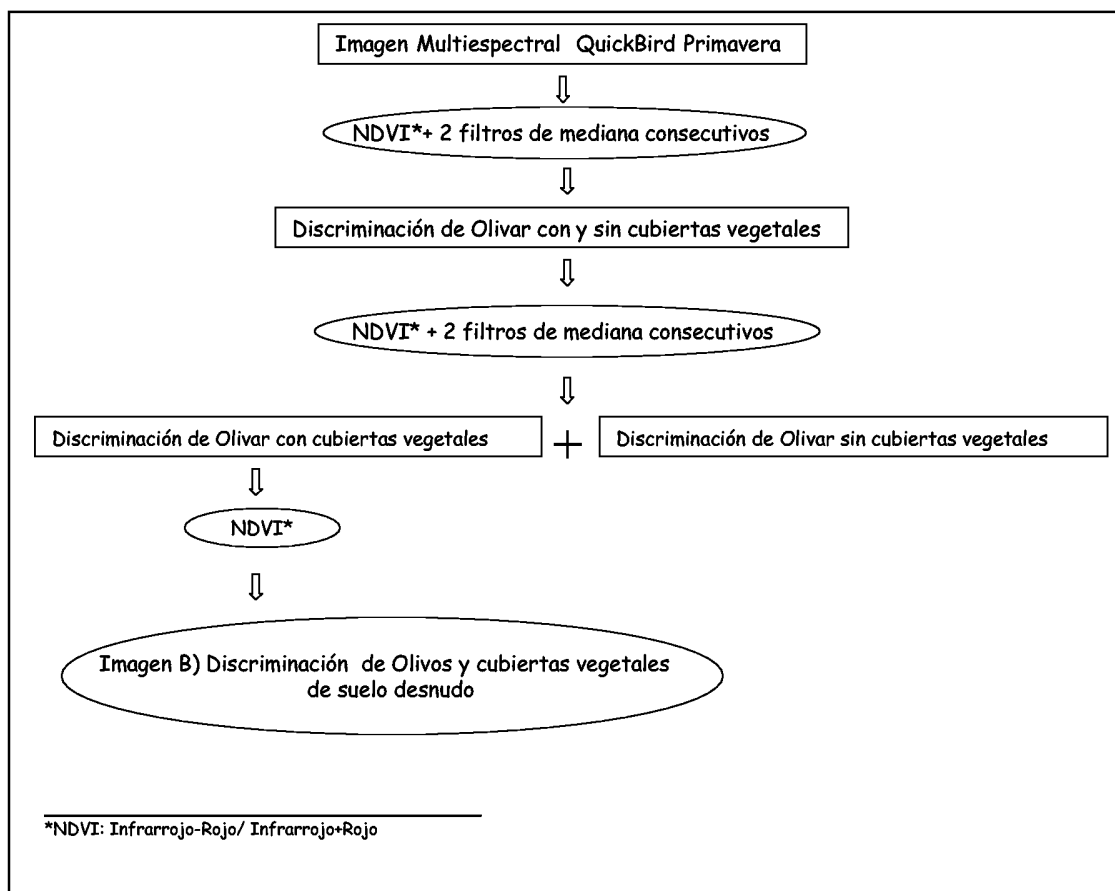
- El siguiente esquema presenta los pasos a seguir para discriminar parcelas de olivar con y sin cubiertas vegetales, y dentro de las parcelas de olivar, se describe también la metodología para discriminar los árboles de olivo en cada parcela. En la imagen final resultante, denominada *imagen A*, es posible por tanto discriminar los árboles de olivo, pero no suelo desnudo de cubierta vegetal. Esto se debe a que el índice aplicado distingue vegetación (que en este caso sería olivo) de no vegetación (que sería suelo desnudo y cubierta vegetal seca) ya que considerando que la imagen se tomó en verano (julio), la cubierta está desecada y no se discriminó suelo desnudo de cubierta seca. La *imagen A* obtenida en este esquema es de mucha utilidad para la cuantificación de superficie sembrada con cubierta como verá más adelante en el apartado 4.3.3.



4.3.2. Separación sucesiva de los usos de suelo con imágenes multiespectrales de primavera con objeto de discriminar parcelas de olivar con y parcelas de olivar sin cubiertas vegetales

5 Se parte de una imagen georreferenciada multiespectral (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) QuickBird tomada en abril de la zona descrita anteriormente. Al igual que con la imagen de verano, el procedimiento consistió en la discriminación de olivar del resto de los usos de suelo definidos en el apartado anterior siguiendo también los pasos referentes a la clasificación y a las parcelas “verdad-terreno” y “matriz de confusión”.

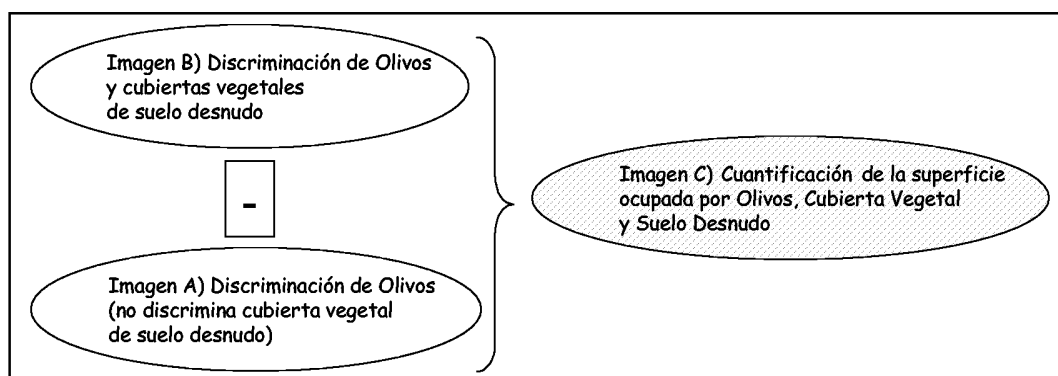
10 El esquema siguiente presenta los pasos a seguir para discriminar parcelas de olivar con y sin cubiertas vegetales del resto de los usos de suelo. En la imagen final resultante denominada *Imagen B*, es posible por tanto discriminar árboles de olivo y cubiertas vegetales de suelo desnudo. Esta *imagen B* junto con la *imagen A* obtenida en el apartado 4.3.1 son imprescindibles para cuantificar la superficie ocupada por cubiertas vegetales en las parcelas de olivar que, en definitiva, es el último objetivo de
15 la metodología desarrollada en esta patente.



4.3.3. Cuantificación de la superficie ocupada por cubiertas vegetales en las parcelas de olivar

- 5 Una vez discriminadas las fincas de olivar con cubierta vegetal del resto de los usos de suelo, el siguiente paso fue obtener una clasificación (método no supervisado) de usos de suelo (*Imagen C*) en la que se cuantifique en dichas fincas el porcentaje de superficie que ocupan cada uno de los tres usos de suelo definidos en las mismas: olivo, cubierta vegetal y suelo desnudo. Para ello fue necesaria la utilización de las dos *imágenes A y B*
- 10 obtenidas según los procedimientos descritos en los apartados 4.3.1 y 4.3.2.

Por tanto, para obtener la *imagen C*, que nos permite cuantificar la superficie ocupada por cubierta vegetal, fue necesario restar a la clasificación realizada con la *imagen B*, la clasificación obtenida con la *imagen A*. Este procedimiento es el que describe el siguiente esquema.



5. EJEMPLO DE LA REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Para la realización de la invención hay que seguir expresamente los pasos detallados en los esquemas de los apartados 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 de la presente memoria. En el caso de los esquemas anteriores, se ha especificado que la imagen era QuickBird, sin embargo el procedimiento que se describe puede utilizarse en las imágenes del satélite IKONOS, u otros que se puedan poner en funcionamiento en lo sucesivo, que tengan al menos las bandas Azul, Verde, Rojo e Infrarrojo y que posean una alta resolución espacial (≤ 4 m en multispectral). Asimismo, y debido a que el procedimiento tiene diferentes pasos bien diferenciados, se puede detener en cualquiera de los pasos intermedios descritos anteriormente en el caso de que interese estudiar cualquiera de los cultivos o usos de suelo que se discriminan.

El procedimiento de la técnica de teledetección objeto de esta patente se ha aplicado en la zona de Montilla-Espejo (Córdoba) porque en las prospecciones terrestres realizadas se constató que reunía las siguientes características: 1) reúne la variedad de cultivos que es representativa de gran cantidad de comarcas de agricultura andaluza (mediterránea), y 2) hay fincas de olivar con cubiertas vegetales y sin ellas, lo que es imprescindible para la clasificación de los usos de suelo que se perseguía.

La orografía de la zona es bastante llana (altitud media de 379 m) y la agricultura está dominada casi a partes iguales por cultivos leñosos: olivar (con y sin cubiertas vegetales) y vid, herbáceos: trigo y girasol, y diversos hortícolas. La clasificación de usos de suelo se realizó con imágenes de satélite tomadas en verano y primavera (satélite QuickBird). En las imágenes de primavera las cubiertas vegetales de las fincas de olivar estaban verdes y en las imágenes de verano estaban desecadas.

Para detallar un ejemplo de la invención hay que partir de una imagen tomada en verano. A partir de ahí se siguen los pasos descritos en el apartado 4.3.1. y que consisten en discriminar: 1) suelo urbano de suelo desnudo; 2) vid de cultivos herbáceos y hortícolas); 3) rastrojo de olivar con y sin cubiertas vegetales); y 4) una vez
5 distinguidas las parcelas de olivar, se aplica un paso más (NDVI+filtro de paso largo) y finalmente se obtiene una imagen resultante, denominada *imagen A* (Figura 1) en la que es posible discriminar los árboles de olivo, pero no suelo desnudo de cubierta vegetal.

A continuación hay que partir de una imagen tomada en primavera de la misma
10 zona de estudio). En dicha imagen hay que ir desarrollando la metodología descrita en el esquema del apartado 4.3.2. y que consiste en discriminar: 1) parcelas de olivar con y sin cubiertas vegetales del resto de los usos de suelo), y 2) olivar con cubiertas de olivar sin cubiertas). Finalmente se aplica otro índice NDVI y se obtiene una imagen resultante denominada *Imagen B* (Figura 2) en la que es posible discriminar árboles de
15 olivo y las cubiertas vegetales del suelo desnudo.

Finalmente para cuantificar la superficie ocupada por cubiertas vegetales dentro de las parcelas de olivar, es necesario obtener la *Imagen C* (Figura 3). Para ello, se le resta a la imagen B que tiene discriminados los olivos y la cubierta conjuntamente (en
20 La Figura 3 se representan en verde), la imagen A que tiene discriminados los olivos solamente (en la Figura 1 se representan en verde). Es decir: $\text{Imagen C} = \text{la Imagen B} - \text{Imagen A}$ (esquema apartado 4.3.3.).

Bibliografía.

- 5 - BOJA nº 61. 1998. ORDEN de 14 de mayo de 1998, por la que se regulan las ayudas para fomentar en el olivar el empleo de métodos de producción compatible con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural. Junta de Andalucía, Disposiciones Generales, Consejería de Agricultura y Pesca.
- 10 - BOJA nº 90. 2003. ORDEN de 5 de mayo de 2003, por la que se establecen las normas de aplicación del régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente. Junta de Andalucía, Disposiciones Generales, Consejería de Agricultura y Pesca.
- 15 - Civantos, D., 2001. La olivicultura en el mundo y en España. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.). El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 19-33.
- 15 - 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.
- 20 - 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.
- 20 - Chuvieco, E. (2002) *Teledetección Ambiental. Editorial Ariel, Madrid. 568 páginas.*
- 25 - García-Torres, L., 2000. Agricultura de Conservación en el Olivar: Cubiertas Vegetales. Edita: Asociación Española Agricultura de Conservación/ Suelos Vivos, Córdoba, Spain, 36 p.
- 25 - 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.
- 30 - Laguna, A. 1989. Estudio cuantitativo de la erosión del suelo. Tesis Doctoral, Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, España, pp. 189.
- 30 - 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.
- 5 - 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.
- Pastor- Muñoz, M., y Castro- Rodríguez, J. 1997. Sistemas de manejo de suelo en el olivar, p. 289 – 308. In L. García- Torres & P. González- Fernández (editor):
10 Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos, AEAC/ SV, España, pp. 372.
- Real Decreto 4, 2001. Establecimiento de un régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. BOE 12, 1587-1617.
- 15 - Reglamento del Consejo Europeo 1257/ 1999. On support for rural development from the European Agricultural Guidance and Guarantee Fund (EAGGF) and amending and repealing certain Regulations. Official Journal of the European Union, Brussels, 160, 80–102 .
- Reglamento del Consejo Europeo 1259/ 1999. Establishing common rules for
20 direct support schemes under the common agricultural policy. Official Journal of the European Union, Brussels, 160, 113–118.
- Reglamento del Consejo Europeo 1782/2003. Establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers, and on the common organisation of the
25 market in olive oil and table olives and amending Regulation (EEC) No 827/68. Official Journal of the European Union, 270, 1-69.
- Sobrino, J.A. 2002. Teledetección. Universidad de Valencia, 467 pp.

6. REIVINDICACIONES

1- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales mediante teledetección con sensores de alta resolución espacial que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) obtención de una imagen A que es el resultado de aplicar índices de vegetación y filtros digitales a una imagen de satélite tomada en verano, permitiendo dicha imagen A la discriminación de árboles de olivo del resto de usos de suelo presentes en la imagen de satélite
- 10 b) obtención de una imagen B que es el resultado de aplicar índices de vegetación y filtros digitales a una imagen de satélite tomada en primavera, permitiendo dicha imagen B la discriminación de árboles y cubierta vegetal del suelo desnudo
- 15 c) restar a la imagen B, la imagen A para obtener una imagen C que permite discriminar la cubierta vegetal del resto de usos de suelo siendo éstos árboles de olivo y suelo desnudo
- 15 d) cuantificar la superficie ocupada por la cubierta vegetal discriminada previamente en la imagen C.

2- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según la reivindicación 1 caracterizado porque los sensores de alta resolución
20 espacial proporcionan imágenes de satélite multiespectrales

3- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según las reivindicaciones 1 y 2 caracterizado porque las imágenes de satélite multiespectrales pueden ser tomadas por cualquier sensor que presente al menos las
25 bandas azul, verde, rojo e infrarrojo, y con una resolución espacial alta.

4- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según la reivindicación 3 caracterizado porque las imágenes son tomadas preferentemente por los satélites IKONOS y/o QuickBird

5- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según las reivindicaciones 1 - 3 caracterizado porque la resolución espacial es igual o menor de 4m

5 6- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según las reivindicaciones 1-5 caracterizado porque la imagen A se obtiene como resultado de un proceso de análisis de una imagen de satélite multispectral que comprende los siguientes pasos:

- a) toma de una imagen georreferenciada multispectral en verano
- 10 b) aplicación del índice IR/R (infrarrojo/rojo) y de un filtro de paso bajo a la imagen de a), permitiendo discriminar suelo urbano y suelo desnudo del resto de usos de suelo
- c) eliminación de los usos de suelo discriminados en b)
- d) aplicación del índice NDVI (infrarrojo-rojo/infrarrojo+rojo) y un filtro de mediana a la imagen obtenida en c) que permite discriminar cultivos de viña,
15 herbáceos y hortícolas del resto de usos de suelo
- e) eliminación de los usos de suelo discriminados en d) en la imagen resultante
- f) aplicación del índice A/V (azul/verde) y un filtro de mediana, permitiendo discriminar rastrojo de trigo y olivar con y sin cubiertas vegetales
- 20 g) aplicación del índice NDVI y un filtro de paso largo al olivar discriminado en f) lo que da lugar finalmente a la imagen A

7- Procedimiento para la discriminación y cuantificación de olivar con cubiertas vegetales según las reivindicaciones 1-5 caracterizado porque la imagen B se obtiene
25 como resultado de un proceso de análisis de una imagen de satélite multispectral que comprende los siguientes pasos:

- a) toma de una imagen georreferenciada multispectral en primavera
- b) aplicación del índice NDVI y dos filtros de mediana consecutivos, permitiendo discriminar olivar, con y sin cubierta vegetal, del resto de usos
30 de suelo
- c) aplicación del índice NDVI y dos filtros de mediana consecutivos, permitiendo discriminar olivar con cubierta vegetal del olivar sin cubierta vegetal

23

- d) aplicación del índice NDVI al olivar con cubierta vegetal discriminado en c)
lo que da lugar finalmente a la imagen B

5 8- Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1-7 para discriminar y
cuantificar el porcentaje de superficie ocupada por las cubiertas vegetales en olivar.

10 9- Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 6 y 7 para discriminar y
cuantificar cada uno de los usos de suelo discriminados en los distintos pasos descritos
anteriormente.

10- Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 6 y 7 para discriminar y
cuantificar los cultivos de viña, herbáceos, hortícolas, y olivar.

15

Figura 1. Imagen A



2/3

Figura 2. Imagen B



Figura 3. Imagen C (B-A)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 2005/070105

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01C 11/12 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01C 11 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched World Wide Web Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	Boletín nº 42 Sociedad Española de Malherbología February 2004, pages 10, 11	1-10		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 08 NOV 2005 (08.11.05)		Date of mailing of the international search report 17 NOV 2005 (17.11.05)		
Name and mailing address of the ISA/ S.P.T.O.		Authorized officer		
Facsimile No.		Telephone No.		

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ ES 2005/070105

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ G01C 11/12

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ G01C 11

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

World Wide Web

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	Boletín nº 42 Sociedad Española de Malherbología Febrero 2004, páginas 10, 11	1-10

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☐ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

08 Noviembre 2005 (08.11.2005)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

17 Noviembre 2005 (17.11.2005)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M.

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.

Nº de fax 34 91 3495304

Funcionario autorizado

J. Olalde Sánchez

Nº de teléfono + 34 91 3495386