



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA
OCUPACIÓN DEL SUELO EN
LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL
GUADALQUIVIR EN JAÉN,
ENTRE LOS AÑOS 1991 Y
2013, MEDIANTE
TELEDETECCIÓN**

Alumno: Purificación Alberjón Herrador

Tutor: Prof. D. Carlos Pinilla Ruiz
Dpto: Ingeniería Cartográfica, Geodésica y
Fotogrametría

Septiembre, 2016



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría

Don Carlos Pinilla Ruiz , tutor del Trabajo Fin de Grado titulado: Estudio evolutivo de la ocupación del suelo en la zona baja de vegas del Guadalquivir en Jaén, entre los años 1991 y 2013, mediante Teledetección, que presenta Purificación Alberjón Herrador, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Septiembre de 2016

El alumno:

El tutor:

Purificación Alberjón Herrador

Carlos Pinilla Ruiz



I. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.....	5
1.1. INTRODUCCIÓN	6
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3. OBJETIVO	8
1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	9
1.5. MEDIOS TÉCNICOS EMPLEADOS	9
1.5.1. <i>HARDWARE</i>	9
1.5.2. <i>SOFTWARE</i>	10
1.5.3. <i>MATERIALES</i>	10
2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	11
2.1. LOCALIZACIÓN	12
2.2. HIDROGRAFÍA	13
2.3. GEOLOGÍA	14
2.4. CLIMATOLOGÍA.....	15
2.5. FLORA Y FAUNA	15
3. SELECCIÓN DE LAS IMÁGENES	16
3.1. PROGRAMA LANDSAT	17
3.2. CARACTERÍSTICAS IMÁGENES LANDSAT	18
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES.....	19
3.4. ELECCIÓN DE LAS IMÁGENES Y CONDICIONES DE ADQUISICIÓN.....	21
4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	27
5. TRATAMIENTO DIGITAL	30
5.1. REALCE Y MEJORA DE LAS IMÁGENES	31
5.1.1. <i>AJUSTE DE CONTRASTE</i>	31
5.1.2. <i>FILTRADO</i>	33
5.1.3. <i>APLICACIONES DE COLOR</i>	34
5.2. CORRECCIONES DE LAS IMÁGENES	39
5.2.1. <i>CORRECCIONES RADIOMÉTRICAS</i>	39
5.2.2. <i>CORRECCIONES GEOMÉTRICAS</i>	45
5.3. RECORTE ZONA INTERÉS	51
6. CLASIFICACIÓN DIGITAL	53
6.1. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA.....	54
6.1.1. <i>FASE DE ENTRENAMIENTO</i>	54
6.1.2. <i>ANÁLISIS PREVIO DE SEPARABILIDAD</i>	57
6.1.3. <i>FASE DE ASIGNACIÓN</i>	58
6.2. PROCESO DE VERIFICACIÓN.....	58
7. ANÁLISIS DE CAMBIOS.....	64
8. PRODUCCIÓN Y DISEÑO CARTOGRÁFICO	69
9. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS DE INTERNET.....	73



II. ANEJOS A LA MEMORIA

- Anejo I Metadatos de las imágenes**
- Anejo II Histogramas de las imágenes brutas**
- Anejo III Datos tras la corrección atmosférica**
- Anejo IV Datos georreferenciación**
- Anejo V Puntos control georreferenciación**
- Anejo VI Datos ortorrectificación**
- Anejo VII Puntos control ortorrectificación**
- Anejo VIII Diagrama signaturas espectrales**
- Anejo IX Análisis previo de separabilidad**
- Anejo X Proceso de verificación**
- Anejo XI Documentación gráfica**

III. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

- 1. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de agua 2013**
- 2. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de labor intensiva en 2013**
- 3. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de suelo desnudo en 2013**
- 4. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de matorral en 2013**
- 5. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de monte alto en 2013**
- 6. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de monte bajo en 2013**
- 7. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de olivar en 2013**
- 8. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de pastizal en 2013**
- 9. Ocupación del suelo en 1991 de la superficie de rastrojo quemado en 2013**
- 10. Ocupación del suelo año 1991**
- 11. Ocupación del suelo año 2013**



I. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO



1.1. Introducción

El presente trabajo, titulado “Estudio evolutivo de la ocupación del suelo en la zona baja de vegas del Guadalquivir en Jaén, entre los años 1991 y 2013, mediante Teledetección”, corresponde al Trabajo Fin de Grado de la Titulación Grado en Ingeniería Geomática y Topográfica, impartida en la Escuela Politécnica Superior de Jaén. Ha sido realizado por la alumna Purificación Alberjón Herrador, y tutorizado por el Profesor D. Carlos Pinilla Ruiz, profesor del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén.

Mediante la realización de este trabajo se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante la formación como Graduado en Ingeniería Geomática y Topográfica, principalmente en el ámbito de la Teledetección.

La Teledetección es una técnica que permite la adquisición de información a una escala determinada de un objeto o fenómeno, empleando generalmente satélites que se encuentran en el espacio exterior. Entre sus aplicaciones destacan desde prospecciones mineras, detección de usos de suelos, detección de las condiciones de los cultivos, bosques y matorrales, hasta la medición del impacto de la erosión, contaminación y desertización a lo largo del tiempo. Por otro lado el gran avance en los últimos años de las nuevas técnicas, equipos y software informático, están permitiendo una mejora en la captura, almacenamiento, transferencia y tratamiento de las imágenes, lo que se traduce en una mayor resolución de las imágenes captadas, resultando una mayor exactitud tanto geométrica como radiométrica.

La Teledetección hoy en día tiene distintas aplicaciones como la Meteorología, Climatología, Hidrología, Oceanografía, Geología, Agricultura,...Siendo una de las principales ventajas la comparación de las distintas imágenes captadas en distintas épocas, lo que permite observar la evolución mediante el contraste y análisis del fenómeno a lo largo del tiempo.



En cuanto al campo de la Cartografía el gran avance que ha supuesto la Teledetección en este campo, ha permitido un aumento en el rendimiento de la Producción Cartográfica a través de la integración en los actuales Sistemas de Información Geográfica, conllevando a la continua actualización de la información a la hora de ordenar el territorio.

1.2. Justificación

Con la realización de este trabajo, se desarrollan diversas áreas como la Teledetección o el Diseño y la Producción Cartográfica de manera que se obtiene un producto basado en los conocimientos adquiridos durante la etapa de formación, de manera práctica.

La Teledetección es una técnica que se encuentra en continua evolución, y que a día de hoy está contrastada mediante las aplicaciones en los distintos campos, que a su vez van aumentando conforme van apareciendo nuevos sensores, de mayores capacidades y resoluciones en la captación de datos. La integración de la teledetección en un SIG, lo convierten en una herramienta muy potente en el ámbito del análisis territorial.

El número de campos de aplicación en los que la Teledetección tiene gran utilidad es cada vez mayor. Algunos de estos casos son el estudio de la Litosfera, Hidrosfera, Atmósfera o Biosfera, así como estudios geológicos, mineros, análisis territorial y urbano, cartografía general y temática, etc.

Por tanto, una buena cartografía temática quedaría incompleta si no se realiza mediante métodos de Teledetección. Sin embargo, a la hora de realizar un trabajo, se deberá de evaluar si el objetivo propuesto puede quedar cubierto totalmente mediante el uso de la Teledetección, y a qué coste.

Los estudios de cambios evolutivos, así como los de usos del suelo, están adquiriendo en los últimos tiempos gran interés por parte de la Comunidad Europea, debido a que estos estudios son aplicados a diversos temas, como las ayudas, subvenciones a agricultores, etc.



La justificación del porqué redactar este trabajo se debe al interés suscitado por la materia durante las asignaturas de Fotogrametría y Teledetección II y Teledetección Aplicada, cursadas en la titulación de Grado en Ingeniería Geomática y Topográfica.

1.3. Objetivo

El objetivo de este trabajo es la realización de un estudio y análisis comparativo de dos mapas de la ocupación del suelo a escala 1:200000 mediante técnicas de Teledetección.

Estos mapas de la ocupación del suelo están referidos a los elaborados en el presente trabajo a partir de cuatro imágenes de satélite Landsat, con fechas julio de 1991 y julio de 2013.

Los mapas realizados están orientados para que abarquen principalmente la zona de vegas bajas del Guadalquivir, dentro de la provincia de Jaén.

Este estudio está orientado principalmente al de la evolución del ordenamiento agrícola, ya que este sector es una de las principales vías de ingreso para esta zona.

Estos mapas de usos de suelo van a proporcionar información relevante sobre los porcentajes de usos de suelo y su evolución, reflejando en cierta manera la evolución económica de la población a lo largo del tiempo.

Aunque en la actualidad existen muchos productos que cubren esta necesidad, elaborados por distintas administraciones públicas, con estos mapas de usos de suelo se pretende una incorporación de las distintas temáticas con detalle y exactitud suficiente, de manera que se recoja toda la información quedando estructurada y jerarquizada a través del empleo de los colores, las formas, polígonos,...

La zona de trabajo ha sido elegida debido a los cambios que se han demostrado en las últimas décadas en los cultivos, principalmente en los de regadío de las vegas en Jaén.



1.4. Metodología de trabajo

A continuación se especifican los pasos que se han realizado durante el proceso de obtención, tratamiento y presentación del trabajo:

- Selección de la zona de trabajo y elección de las imágenes a través de la pre-visualización en la página USGS.
- Composición de las imágenes y recorte de las mismas para la eliminación de los fondos negros que aparecen por defecto.
- Aplicación de la corrección radiométrica de las imágenes que modifica únicamente los niveles digitales.
- Desarrollo de la corrección geométrica, reconocimiento de puntos de control y transformación polinómica para dotar las imágenes de unas coordenadas reales.
- Realización de una clasificación supervisada para la obtención de la ocupación del suelo.
- Verificación del paso anterior con el fin de proporcionar un margen de seguridad en el proceso de clasificación de clases.
- Recorte de las imágenes corregidas a la zona de interés.
- Desarrollo de información comparativa entre las dos imágenes de forma numérica y gráfica.
- Producción cartográfica, transformando las imágenes clasificadas en mapas de usos del suelo a escala 1:200000.

1.5. Medios técnicos empleados

1.5.1. Hardware

Para la realización del trabajo se ha utilizado un portátil marca ASUS modelo Notebook K40I/k50IN Series, con las siguientes características:

- Procesador: Pentium® Dual-Core CPU T4400 2.20GHz
- Memoria instalada (RAM): 4.00 GB
- Tipo de sistema: Sistema operativo Windows 7 Professional de 64 bits.



1.5.2. Software

Los softwares que se han empleado son los siguientes:

- **ENVI 5.1:** Para realizar todas las operaciones con las imágenes, como son correcciones radiométricas y geométricas, georreferenciación y ortorrectificación, así como para la aplicación de técnicas de Teledetección como la clasificación supervisada e imagen final de cambios.
- **QGIS 2.12 y AutoCAD 2010:** Para la confección de los mapas finales.
- **Procesador de textos Microsoft Word 2010:** Para la redacción del documento.
- **Hoja de Cálculo Microsoft Excel 2010:** Para cálculos numéricos.

1.5.3. Materiales

- Imágenes Landsat, obtenidas del USGS.
- Ortoimágenes históricas del PNOA del IGN.
- Mapa vectorial y ráster del IGN a escala 1/25000
- Mapa vectorial provincial del IGN 1/200000 provincia de Jaén.
- Mapa vectorial de términos municipales del IGN.
- Visor Iberpix del IGN.



2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

2.1. Localización

La Zona Baja de Vegas del Guadalquivir en la Provincia de Jaén se encuentra situada en la parte noroccidental de la misma. Limita con las comarcas de Córdoba del Valle de Lecrín, de los Pedroches al noroeste y Alto Guadalquivir al suroeste, la provincia de Ciudad Real al norte, la comarca de Sierra Morena al este y la comarca del área metropolitana de Jaén al sur.

Esta zona de estudio está conformada concretamente por los términos municipales de Mengíbar, Villanueva de la Reina, Espelúy, Cazalilla, Andújar, Marmolejo y Jabalquinto.

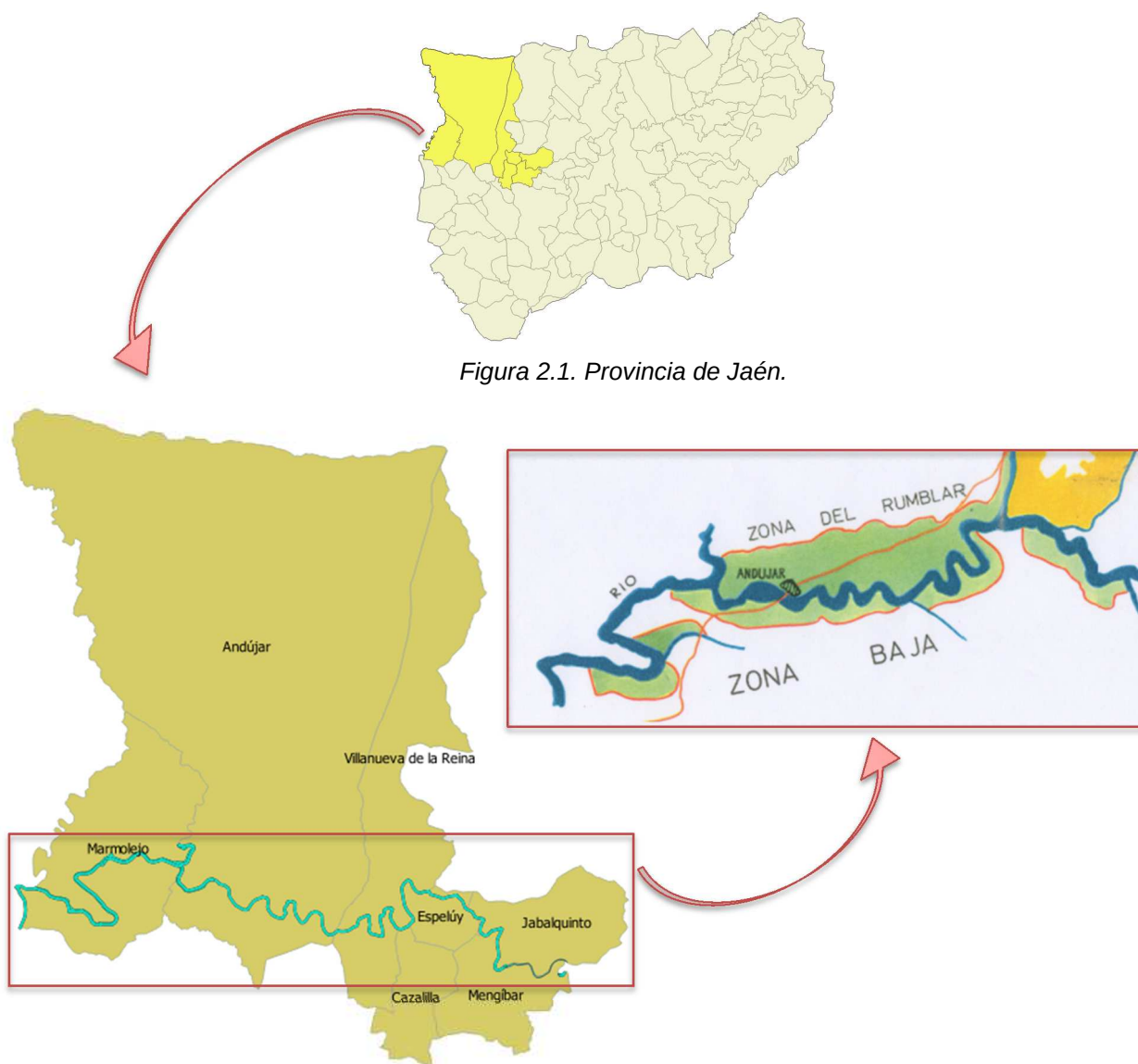


Figura 2.1. Provincia de Jaén.

Figura 2.2 Situación geográfica Zona Baja de Vegas del Guadalquivir en la provincia de Jaén.

(Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir).



2.2. Hidrografía

El principal río de esta zona de estudio es el Guadalquivir, es un río peninsular español que nace en la Cañada de las Fuentes (Sierra de Cazorla), en el término municipal de Quesada (Jaén). Su cuenca hidrográfica abarca territorios de Jaén, Córdoba, Almería, Granada, Málaga, Sevilla, Huelva y Cádiz, así como de Murcia, Albacete, Ciudad Real y Badajoz. Desemboca en el océano Atlántico entre Almonte y Sanlúcar de Barrameda, en un amplio estuario entre la provincia de Cádiz y la de Huelva. Entre Sevilla y el estuario, se sitúa una amplia zona húmeda: las Marismas del Guadalquivir, que forman parte del Parque Nacional de Doñana.

La principal característica de los afluentes del Guadalquivir es la gran diferencia entre los de ambas márgenes, que son expresión de las considerables diferencias geográficas que existen entre Sierra Morena y las Cordilleras Béticas.

Los afluentes del Guadalquivir por el margen izquierdo tienen mucho más recorrido que los del margen derecho. En general, tienen una orientación sureste-noroeste y discurren por las Cordilleras Béticas hasta el gran colector, atravesando amplias campiñas. Son los siguientes: Aguascebas, Cerezuelo, Guadiana Menor. Guadalbullón, Guadajoz, Genil, Corbones, Guadaíra y Guadiana Menor.

En el margen derecho, los afluentes, conocidos como mariánicos, presentan una red poco articulada. Más bien son cursos independientes con cierta equidistancia que discurren hacia el mismo colector. Parten de cumbres peniplanizadas del macizo ibérico y descienden por los flancos de Sierra Morena con un cauce muy encajado en sus duros materiales. Son los siguientes: Borosa, Aguamulas, Gualimar, Guadiel, Rumber, Jándula, Yeguas, Arenoso, Guadalmellato, Guadiato, Bembézar, Rivera del Huéznar, Viar, Rivera de Huelva y Guadimar.



Figura 2.3 Red hidrográfica principal dentro de la zona de estudio.

2.3. Geología

El accidente geográfico más importante de la zona de estudio es la Depresión del Guadalquivir es un terreno bajo, llano y muy fértil por donde discurre el Río Guadalquivir. Abarca todo el valle entre Sierra Morena y el Sistema Bético. Entre las zonas más destacadas se encuentran en la parte alta Las Lomas (Jaén), en la media La Campiña (Córdoba), y en la baja El Condado (Huelva) y la Campiña de Jerez (Cádiz).

En la Depresión Bética predominan los materiales blandos como las arcillas, las margas o las margo calizas y de vez en cuando encontramos calizas o areniscas que son los materiales que han formado los páramos y los alcores.

Los afluentes de la derecha son los más agresivos erosionando y los que influyen más en las inundaciones debido a su mayor desnivel y también a que los ríos discurren por materiales impermeables y consiguientemente todo el caudal circula superficialmente. Los afluentes de la izquierda tienen un menor desnivel, además en la mayor parte de su recorrido predominan los materiales calizos que permiten la filtración del agua y también el papel regulador de Sierra Nevada.

2.4. Climatología

El clima de la Zona Baja de Vegas del Guadalquivir es un clima Mediterráneo sub-continental que presenta unos inviernos fríos y unos veranos suaves. Las principales precipitaciones, que son pocas, se dan en primavera y otoño, que se acortan y permiten unos inviernos largos y fríos y con fuertes heladas y veranos también largos y cálidos. La temperatura media anual es de 17.7°, siendo su máxima media de 24.6° en Julio y la mínima media de 10.7° en Enero.

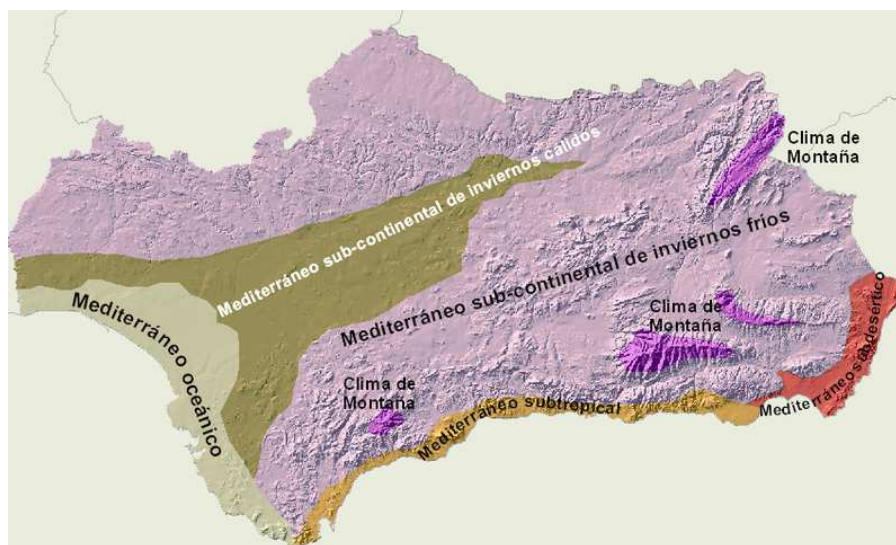


Figura 2.4 Clima Andalucía.

2.5. Flora y fauna

A pesar de haber sido un río rico en vida animal y vegetal a día de hoy los peces exóticos superan a los autóctonos, poniendo en peligro de extinción a diversas especies.

Más de 150 especies utilizan las marismas como lugar de paso o invernada y alrededor de 125 como hábitat de cría. Las pajareras, los grandes alcornoques en el perímetro de las marismas repletos de aves en sus copas resumen toda esta explosión de vida.

Destacan las aves pescadoras de aguas relativamente profundas, como somormujos, patos marinos, cormoranes y gaviotas, que predominan sobre las aves de aguas someras típicas de los ecosistemas de marismas.



3. SELECCIÓN DE LAS IMÁGENES



3.1. Programa Landsat

Para la realización del estudio evolutivo de la ocupación del suelo en la Zona Baja de Vegas del Guadalquivir en Jaén se han utilizado imágenes obtenidas con los satélites Landsat 4 TM y Landsat 8 OLI_TIRS. Los Landsat son una serie de satélites contruidos y puestos en órbita por EE.UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.

Orbitan alrededor de la tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un periodo de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que estos cruzan el Ecuador lo hacen de Norte a Sur entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local. Los Landsat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multiespectral. El primer satélite Landsat (en principio denominado ERTS-1) fue lanzado el 23 de Julio de 1972.

Landsat 4 se puso en marcha el 16 de Julio de 1982, con el objetivo principal de proporcionar un archivo global de las imágenes de satélite. Sus operaciones científicas terminaron el 14 de diciembre de 1993. Fue el primero en incorporar el sensor Landsat TM (Thematic Mapper) es capaz de reunir siete bandas de datos en lugar de cuatro como los anteriores. Además tiene una resolución de 30m.

Landsat 8 fue lanzado el 11 de febrero de 2013, originalmente llamado "*Landsat Data Continuity Mission*" (LDCM), y rebautizado el 30 de mayo cuando fue entregado por la NASA al USGS (United States Geological Survey). Es el octavo y más reciente del proyecto Landsat. Transporta dos sensores OLI (Operational Land Imager) y TIRS (Thermal Infrared Sensor). El sensor OLI provee acceso a nueve bandas espectrales que cubren el espectro desde los 0.433 μ m a los 1.390 μ m, mientras que TIRS registra 10.30 μ m a 12.50 μ m.

Aunque el programa Landsat es controlado por la NASA, las imágenes recibidas por el Landsat 4 y Landsat 8 son procesadas por la Agencia Geológica de los Estados Unidos (USGS).



3.2. Características imágenes Landsat

Las imágenes Landsat suministradas desde USGS tienen un nivel de procesamiento *Level 1 Terrain* (L1T), los productos de datos L1T consisten en productos de datos L1R (imágenes radiométricas corregidas) con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas, lo que significa que se les ha realizado una corrección geométrica usando puntos de control sobre el terreno (que provienen del conjunto de datos de GLS2000) y un MDE (SRTM, NED, CDED, DTED y GTOPO 30), esta corrección no es perfecta pero sirve en la mayoría de los casos.

Cada imagen de Landsat está alineada con las demás, por tanto, un píxel de coordenadas x e y determinadas, corresponde al mismo punto del terreno en todas las escenas, sean de la fecha que sean. Las imágenes se suministran en formato GeoTiff en proyección UTM y sistema de referencia WGS 84. Los datos de cada banda espectral vienen por separado recogidos en ficheros de formato TIF.

Los productos estándar L1T, son productos que se encuentran en formato de niveles digitales enteros (ND) con una resolución radiométrica de 8 y 16 bits para Landsat TM y Landsat 8 respectivamente. Estos se pueden convertir a valores de reflectancia en el techo de la atmósfera (TOA) con factores de escala previstos en los metadatos producto.

Tabla 3.1 Escena Landsat TM.

Escena Landsat TM	
Origen	USGS
Método de particionamiento	WRS2
WRS Path	201
WRS Row	033 y 034
Formato de datos	GeoTIFF
Nivel de corrección	L1T
Remuestreo	CC-CubicConvolution
Fuente de elevaciones	GLS2000
Orientación de la imagen	Norte cartográfico
Proyección cartográfica	UTM
Datum	WGS84
Elipsoide	WGS84
Zona UTM	30N
Valores de píxel	8 bits



Tabla 3.2 Escena Landsat 8.

Escena Landsat 8	
Origen	USGS
Método de particionamiento	WRS2
WRS Path	201
WRS Row	033 y 034
Formato de datos	GeoTiff
Nivel de corrección	L1T
Remuestreo	CC-CubicConvolution
Fuente de elevaciones	GLS2000
Orientación de la imagen	Norte cartográfico
Proyección cartográfica	UTM
Datum	WGS84
Elipsoide	WGS84
Zona UTM	30N
Valores de píxel	16 bits

3.3. Características de los sensores

Se han seleccionado imágenes de los sensores Thematic Mapper (TM) y el conjunto formado por los sensores de Landsat 8, estos son Operational Land Imager (OLI) y el Sensor Infrarrojo Térmico (TIRS).

El sensor TM denominado Thematic Mapper, directamente diseñado, como su nombre indica para la cartografía temática, es un equipo de barrido multiespectral. Constaba de 100 detectores, lo que reducía el campo de visión instantáneo (IFOV), aumentaba los niveles de codificación y realizaba el barrido en las dos direcciones. Todo ello le permitió mejorar la resolución espacial a 30 m (120 m para el canal térmico), la resolución espectral a 7 bandas, y la radiométrica a 8 bits.

El sensor TM presenta las siguientes características:

Tabla 3.3 Características sensor TM.

Bandas	Nombre	Resolución espectral (μm)	Resolución espacial (m)
Banda 1	Aerosol Costero	0.45 – 0.52	30
Banda 2	Visible Verde	0.52 – 0.60	30
Banda 3	Visible Rojo	0.63 – 0.69	30
Banda 4	Infrarrojo Cercano	0.76 – 0.90	30
Banda 5	Infrarrojo Cercano	1.55 – 1.75	30
Banda 6	Infrarrojo Térmico	10.4 – 12.5	120
Banda 7	Infrarrojo Medio	2.08 – 2.35	30

El sensor OLI (Operational Land Imager) mejora significativamente a los sensores Landsat anteriores. Este instrumento utiliza un rastreador de empuje (pushroom), en lugar de uno de barrido (whiskbroom) como los que fueron utilizados en los satélites anteriores a Landsat 8. OLI recoge datos en 9 bandas espectrales, 7 de las cuales son similares a las de los sensores TM y ETM+, que prevé la compatibilidad con los datos Landsat históricos. Añadiéndose así dos nuevas bandas, una banda aerosol/costera azul profundo, y otra banda de onda corta infrarroja cirrus.

La resolución espacial se mantiene en 30 m, con 15 m en la banda pancromática. Y la resolución radiométrica aumenta significativamente a 16 bits.

El sensor infrarrojo térmico TIRS (Thermal Infrared Sensor) lleva a cabo la termografía en Landsat 8 y soporta aplicaciones emergentes tales como mediciones de la tasa de evapotranspiración para la gestión del agua. Los detectores TIRS recogen información en dos bandas del infrarrojo térmico aunque su resolución espacial empeora hasta los 100 m como consecuencia de la mejora en la resolución espectral.



El sensor OLI presenta las siguientes características:

Tabla 3.4 Características sensor OLI.

Bandas	Nombre	Resolución espectral (μm)	Resolución espacial (m)
Banda 1	Visible	0.435 – 0.451	30
Banda 2	Visible Azul	0.452 – 0.512	30
Banda 3	Visible Verde	0.533 – 0.590	30
Banda 4	Visible Rojo	0.636 – 0.673	30
Banda 5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.851 – 0.879	30
Banda 6	Infrarrojo de onda corta 1 (SWIR 1)	1.566 – 1.651	30
Banda 7	Infrarrojo de onda corta 2 (SWIR 2)	2.107 – 2.294	30
Banda 8	Pancromática	0.503 – 0.676	15
Banda 9	Cirrus	1.363 – 1.384	30

El sensor TIRS presenta las siguientes características:

Tabla 3.5 Características sensor TIRS.

Bandas	Nombre	Resolución espectral (μm)	Resolución espacial (m)
Banda 10	(TIR 1)	10.60 – 11.19	100
Banda 11	(TIR 2)	11.50 – 12.51	100

3.4. Elección de las imágenes y condiciones de adquisición

Se han elegido imágenes Landsat ya que por sus características y su disponibilidad se han considerado las más adecuadas para la realización de este tipo de estudio. Tanto a nivel de resolución temporal, espacial y espectral. Con una resolución temporal de 16 días, Landsat nos proporciona imágenes suficientes para poder ajustar en función a distintos parámetros la elección de las imágenes finales utilizadas en el estudio.



Se han tenido en cuenta varios factores para la elección de las imágenes que han servido como referencias y marco comparativo para realizar la adecuada interpretación y análisis de la evolución en el tiempo.

Para poder hacer una comparativa veraz de la evolución de la ocupación de los usos del suelo en la zona de estudio ha primado la elección de todas las imágenes en la misma época y estación; siendo esto un factor determinante para anular en mayor medida las diferencias meramente climatológicas que pudieran falsear el estudio evolutivo. Así que finalmente se han elegido imágenes de verano, del mes de julio.

En cuanto a la disponibilidad de imágenes, finalmente se han seleccionado imágenes que tuviesen una calidad grande, fundamentalmente que el porcentaje de nubosidad en ellas fuese mínimo o, por lo menos, que no afectase al área de estudio del trabajo.

La zona de estudio está englobada dentro de las escenas Landsat PATH 201, ROW 33 y ROW 34, según el método de particionamiento WRS2 (Worldwide Reference System 2).

Se han analizado dos escenas Landsat ya que con una sola escena no se abarcaba toda la zona de interés, han sido tomadas los días 13 de julio de 1991 y 1 de julio de 2013, además para cada fecha las escenas son contiguas, es decir tomadas el mismo día, lo que significa que la radiometría es la misma.

A continuación se muestra la distribución de las escenas Landsat en España en la figura 3.1.

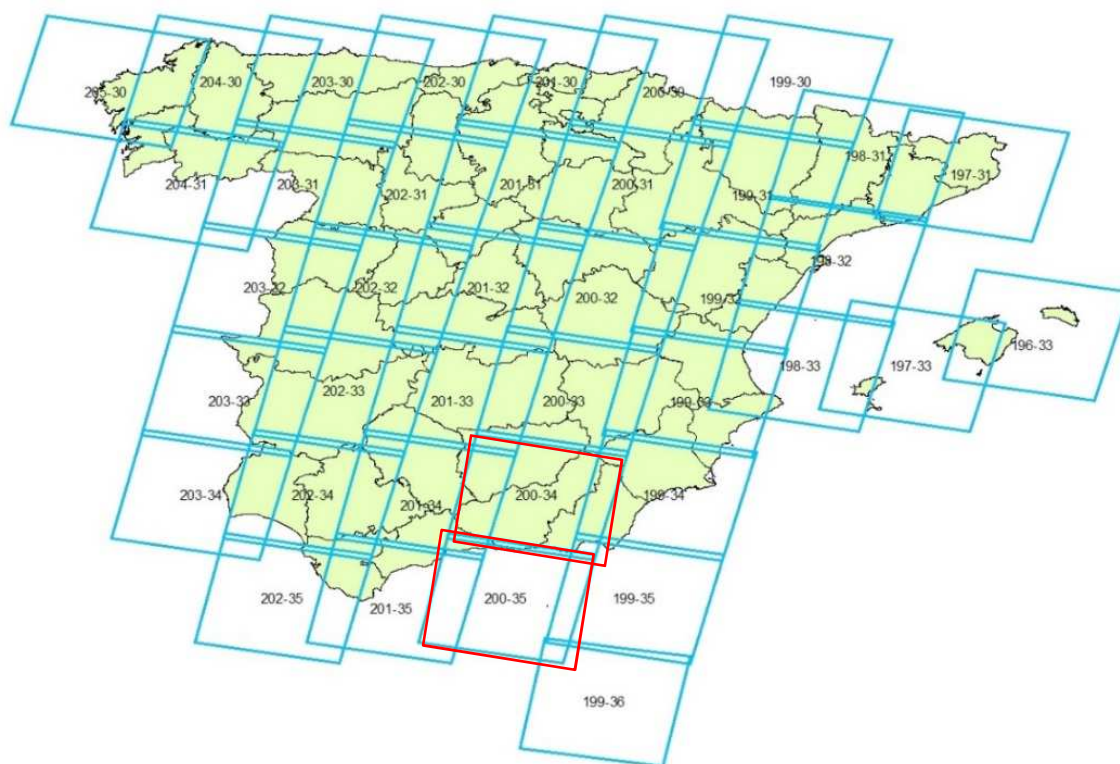


Figura 3.1 Distribución de las escenas Landsat sobre España.

Las imágenes elegidas para el estudio multitemporal han sido las siguientes:

Imágenes 13 de julio de 1991

Son imágenes en formato TIF, y existe un fichero independiente por cada una de las 7 bandas, que posteriormente serán unidos obteniendo un único fichero con las 7 bandas.

Tabla 3.6 Característica imagen Landsat 4 escena 201_33.

Características Imagen Landsat 4 (Escena 201-33)	
Identificador de escena	LT42010331991194XXX02
Plataforma espacial	Landsat 4
Sensor	TM
Fecha de adquisición	13 de Julio de 1991
Hora de toma	10:12:48.9880130
UL Geo	39.85509 , -5.79031
UL Map	261300.000 , 4415400.000



Tabla 3.7 Características imagen Landsat 4 escena 201_34.

Características Imagen Landsat 4 (Escena 201-34)	
Identificador de escena	LT42010341991194XXX03
Plataforma espacial	Landsat 4
Sensor	TM
Fecha de adquisición	13 de Julio de 1991
Hora de toma	10:13:12.6730310
UL Geo	38.43394 , -6.19518
UL Map	221100.000 , 4258800.000

Imágenes 1 de julio de 2013

Son imágenes en formato TIF, y existe un fichero independiente por cada una de las 11 bandas, que posteriormente serán unidos obteniendo un único fichero con las 11 bandas.

Tabla 3.8 Características imagen Landsat 8 escena 201_33.

Características Imagen Landsat 8 (Escena 201-33)	
Identificador de escena	LC82010332013182LGN00
Plataforma espacial	Landsat 8
Sensor	OLI_TIRS
Fecha de adquisición	1 de Julio de 2013
Hora de toma	10:57:57.0265896
UL Geo	39.95058 , -5.63618
UL Map	274800.000 , 4425600.000

Tabla 3.9 Características imagen Landsat 8 escena 201_34.

Características Imagen Landsat 8 (Escena 201-34)	
Identificador de escena	LC82010342013182LGN00
Plataforma espacial	Landsat 8
Sensor	OLI_TIRS
Fecha de adquisición	1 de Julio de 2013
Hora de toma	10:58:20.9151713
UL Geo	38.51626 , -6.04745
UL Map	234300.000 , 4267500.000

Una vez seleccionadas las imágenes se ha realizado un mosaico con la escena 201_33 y 201_34 del año 1991 y otro para el año 2013 para poder realizar el posterior tratamiento digital de la zona. Los mosaicos de ambas escenas se presentan a continuación en la figura 3.2 y figura 3.3.



Figura 3.2 Mosaico escenas 201_33 y 201_34 año 1991.



Figura 3.3 Mosaico escenas 201_33 y 201_34 año 2013.



4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES



Ha sido necesaria la obtención de un modelo digital de elevaciones de la zona objeto de estudio para poder realizar las siguientes operaciones:

- Correcciones de las imágenes: para poder llevar a cabo la corrección de las imágenes de satélite se ha tenido en cuenta el relieve de la zona cubierta por las imágenes. Por tanto, es necesario disponer de un modelo digital de elevaciones que cubra la totalidad de la zona abarcada por las imágenes.
- Comprobación de los resultados obtenidos en la corrección de imágenes: una vez realizada la correspondiente georreferenciación y desplazamiento debido al relieve, mediante el modelo digital de elevaciones se ha comprobado que está efectuado correctamente.

El modelo digital de elevaciones de la zona de estudio se ha obtenido creando un mosaico a partir de los archivos ráster obtenidos del Instituto Geográfico Nacional, el cual tiene a disposición de los usuarios modelos digitales de elevaciones por hojas de la malla del MTN25, así como del MDT-05 Lídár. Para este caso, y puesto que el tamaño del pixel es de 30 metros ha sido suficiente con el MTN25, al tener este un tamaño de celda de 25 m.

El modelo digital de elevaciones se ha obtenido en formato ASCII, se han descargado todas aquellas hojas necesarias (860, 861, 862, 882, 883, 884, 903, 904, 905, 924, 925, 926) para cubrir el área cubierta por las imágenes, descargándose estas por separado, y componiendo posteriormente el correspondiente mosaico, mediante el software ENVI 5.1.

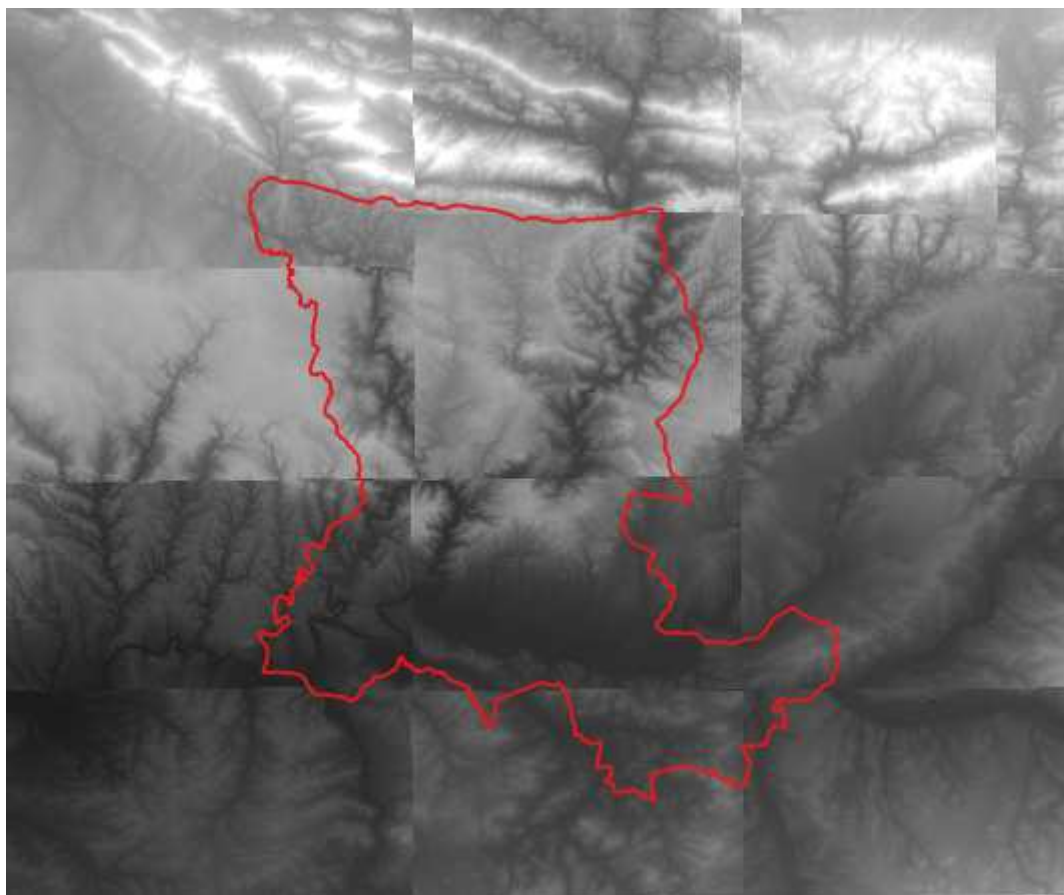


Figura 4.1 Mosaico MDE.

Al estudiar el MDE que se ha obtenido, se han observado algunos valores anómalos en las estadísticas e histogramas.

La depuración del MDE se ha realizado en el software ENVI, programa empleado para la edición de imágenes de satélite y archivos ráster en general. Este programa incluye un módulo de depuración de modelos, el cual consiste en buscar estos elementos y reemplazarlos por la media de los píxeles vecinos. Gracias a esto, se ha obtenido el MDE depurado y delimitado a la zona de interés, el cual se ha empleado en el proceso de ortorrectificación.



5. TRATAMIENTO DIGITAL

5.1. Realce y mejora de las imágenes

El realce incluye los procedimientos que tienden a mejorar la calidad visual de una imagen para facilitar su interpretación, aunque no aumentan la cantidad de información contenida en ella. Sirven para permitir la aplicación de otros métodos de análisis o de corrección.

Estas técnicas de realce sólo se aplican con el fin de facilitar la selección de puntos de control en la corrección geométrica y en la digitalización de los campos de entrenamiento de cara a la clasificación digital, pero no son considerados en el proceso de clasificación en sí, que opera con las imágenes originales, solamente modificadas por la corrección atmosférica y la normalización radiométrica.

Los procedimientos de realce de imágenes que se han empleado han sido la expansión del contraste, el filtrado y las composiciones en color.

5.1.1. Ajuste de contraste

Son los procesos que tienden a adaptar la resolución radiométrica de la imagen a la capacidad de visualización del monitor.

Se presentan dos opciones, que darán lugar a dos técnicas distintas de ajuste. Por un lado, que el rango de ND de la imagen sea menor que el número de visualización (NV) que facilita la memoria gráfica del ordenador y por otro, que esta capacidad de visualización sea menor que el rango de ND de la imagen.

En este caso solamente ha sido necesaria la aplicación de la primera opción conocida como expansión del contraste.

- Expansión del contraste

Estas técnicas solucionan el desajuste entre el rango de ND de la imagen y una mayor capacidad de NV del ordenador.

Normalmente los sensores actuales codifican la señal en un rango de 256 niveles que coincide con los NV de los sistemas de visualización. Por tanto, en teoría, no

tendría que hacerse ningún ajuste del contraste. Lo que ocurre es que una imagen difícilmente tendrá una variedad de paisaje tal como para tener que utilizar los 256 niveles, variedad por la que fueron pensados y diseñados los sensores, que hace que estos sean útiles tanto para zonas mundiales poco reflectivas (zonas marinas) como para zonas muy reflectivas (como zonas desérticas o esteparias). Por tanto, parte de los niveles de gris que ofrece el monitor quedan inactivos, y la imagen se visualiza poco contrastada.

Para solucionarlo, se ha realizado una expansión del contraste mediante una CLUT (Color Look Up Table) o tabla de referencia de color, matriz numérica que indica el NV con el que se representa en pantalla cada uno de los ND de la imagen. Gracias a estas CLUT hacemos corresponder el rango de ND presente en la imagen con el total de los NV posibles que ofrece el monitor.

Existen varios procedimientos encaminados a cumplir este objetivo. Pero la técnica de expansión del contraste que más se ha utilizado en los estudios de este trabajo, ha sido la de expansión lineal del contraste. Esta técnica es la más elemental de ajustar el contraste de la imagen al permitido por el equipo de visualización, para ello se crea un CLUT en la que el ND mínimo y máximo de la imagen asociados un NV de 0 y 255 respectivamente, distribuyendo linealmente el resto entre estos dos valores. Las imágenes después de este proceso aparecen más contrastadas, más nítidas, su histograma presenta una distribución más equilibrada, las colas del histograma se han fijado en los extremos del rango y los valores intermedios están mejor repartidos en la escala.

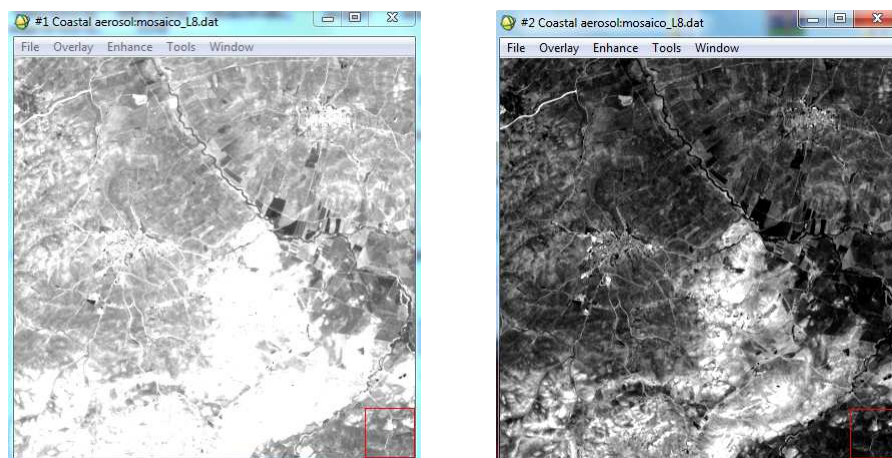


Figura 5.1.Comparativa. Expansión lineal del contraste en imagen derecha.

- **Igualación del histograma**

Es un método en el procesamiento de la imagen de ajuste de color de dos imágenes utilizando los histogramas de las imágenes.

Es posible utilizar la concordancia de histograma para equilibrar las respuestas del detector como técnica de calibración del detector relativa. Puede ser utilizado para normalizar las dos imágenes, cuando las imágenes fueron adquiridas en la misma iluminación local (sombras) sobre el mismo lugar, pero por diferentes sensores, condiciones atmosféricas o iluminación global. Tal como en el caso de este trabajo, en el que se comparan imágenes de dos sensores distintos, ha sido de gran utilidad.

5.1.2. Filtrado

Es el conjunto de técnicas englobadas dentro del preprocesamiento de imágenes cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen origen, otra final cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica, mejorando ciertas características de la misma que posibilite efectuar operaciones del procesado sobre ella.

El filtrado digital es una transformación de la imagen mediante operadores matriciales. Se aplica para aislar o destacar elementos de interés, transformando los niveles digitales originales.

Los filtros que se han usado en este trabajo, han sido filtros de paso alto, que realzan los rasgos lineales de la imagen aumentando los contrastes locales, refuerzan los componentes de alta frecuencia en la imagen sin eliminar los de baja. En concreto, filtros no lineales de extracción de bordes de entre los disponibles en ENVI, "Sharpen". Consiguiendo así resaltar y afilar los contornos de los elementos a digitalizar y cartografiar posteriormente.

Esta técnica al igual que el ajuste contraste se tiene en cuenta para la selección de los puntos de control en la corrección geométrica y en la digitalización de los campos de entrenamiento, ya que en la clasificación digital se opera con las imágenes originales corregidas de corrección atmosférica y normalización radiométrica.

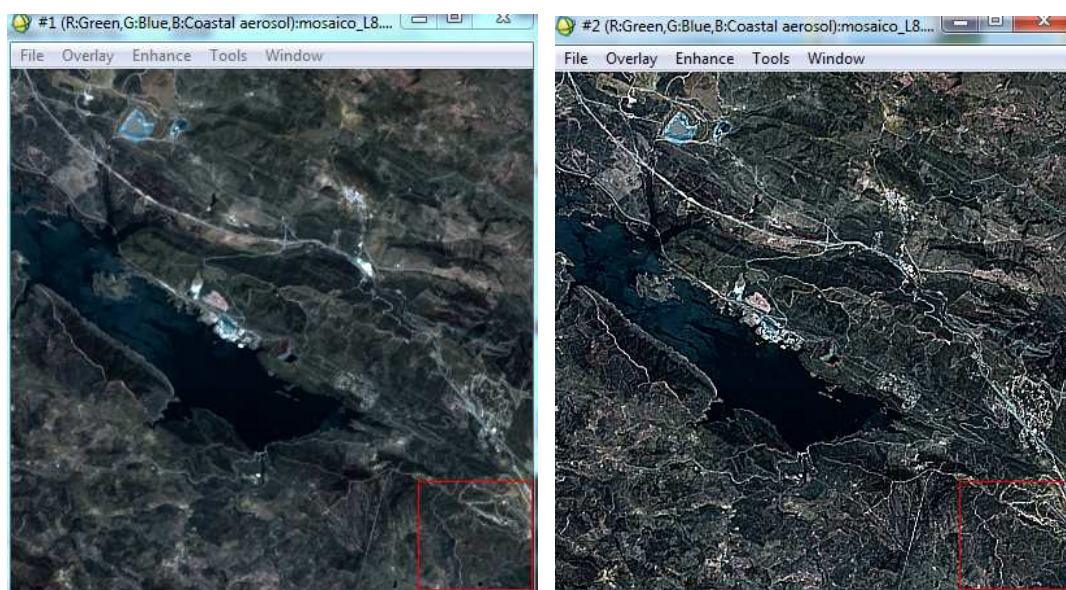


Figura 5.2. Filtro Sharpen[10] aplicado en imagen derecha.

5.1.3. Aplicaciones de color

Si se tiene en cuenta que el ojo humano es menos sensible a las tonalidades de color gris que al cromatismo, la composición coloreada es quizás la técnica más utilizada para resaltar los detalles de una imagen de satélite. Consiste en aplicar a tres bandas diferentes los distintos colores elementales (RGB), de modo que se puede apreciar información no distinguible de otro modo. Este proceso permite visualizar simultáneamente, información de distintas regiones del espectro, lo que facilita la delimitación visual de algunas cubiertas.

La composición más obvia sería simular el color real asignado a la banda del rojo el color rojo, a la del azul el azul y a la del verde el verde. Cuando se aplica cada color a la banda del espectro que le corresponde se obtienen composiciones en color verdadero. Sin embargo, no se suele aplicar a cada banda su color respectivo por lo que se denominan composiciones en falso color. Otro procedimiento consiste en la aplicación del color sobre una imagen monobanda con el objetivo de hacer más patentes las diferencias entre ND de valores muy similares. Este tipo de representaciones se llaman en seudocolor, y constituye una forma más de realce de las imágenes espaciales.

Todas estas técnicas han sido utilizadas en gran medida en los estudios desarrollados ya que la interpretación de la evolución de la ocupación del suelo en el tiempo de los distintos parámetros se ha hecho desde un sentido mayoritariamente visual. Se han creado diversas combinaciones para llegar a los objetivos deseados, tanto combinaciones entre bandas de los sensores TM y OLI, como combinaciones entre bandas creadas a partir de operar entre las anteriormente mencionadas bandas principales, así como la aplicación de paletas en pseudocolor sobre imágenes monobanda.

Combinaciones RGB entre bandas de los sensores Landsat de estudio:

En este apartado, se exponen una exposición de las principales combinaciones RGB en color verdadero y falso color entre las bandas principales del sensor Landsat TM usadas habitualmente, así como su interpretación y aplicaciones más usuales. Dado que las escenas de Landsat 8 incluyen bandas adicionales, las combinaciones utilizadas para crear composiciones RGB difieren de las del sensor Landsat TM. Una forma fácil de trasladar una composición RGB del sensor TM a su equivalente para el sensor OLI, es sumar 1 a la numeración de cada banda TM, excepto la banda número 7, que se mantiene igual con igual numeración en ambos sensores.

Se muestran a continuación algunas de las combinaciones de bandas más comunes en las comparaciones RGB para Landsat TM y Landsat 8.

- Combinación en color natural



Combinación RGB para Landsat TM : 3,2,1

Combinación RGB para Landsat 8: 4,3,2

Constituye la combinación más próxima a la percepción de la tierra con nuestros ojos desde el espacio, de ahí el nombre de “color natural” o “verdadero”.

Las bandas visibles dan respuesta a la luz que ha penetrado más profundamente, y por tanto sirven para discriminar el agua poco profunda y para distinguir aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos. Ésta es también usada para estudios urbanos.

En esta combinación, la vegetación saludable es verde, campos recientemente limpiados son muy claros en reflectancia, la vegetación no saludable es marrón y amarilla, las vías son grises y las líneas de costa de color blanco. Áreas escasamente pobladas de vegetación no son tan fácilmente discriminables y las nubes y zonas nevadas aparecen en blanco.

- El azul oscuro indica aguas profundas.
- El azul claro indica aguas de media profundidad.
- La vegetación se muestra en tonalidades verdes.
- El suelo aparece en tonos marrones y tostados.
- El suelo desnudo y la roca aparecen en tonos amarillentos y plateados.
- **Combinación en color infrarrojo**



Combinación RGB para Landsat TM : 4,3,2

Combinación RGB para Landsat 8: 5,4,3

Esta es la composición estándar denominada “falso color”. Esta combinación de bandas tiene buena sensibilidad a la vegetación verde, que aparece en tonos rojizos, y representa adecuadamente caminos y masas de agua, las áreas urbanas son celestes y los suelos varían de marrón oscuro hacia el claro en toda esta gama. El hielo, las zonas nevadas y nubes son blancos o un celeste muy ligero. Los árboles coníferos aparecerán más oscuros que los árboles de madera dura.



Ésta es una combinación de bandas muy popular y es útil para los estudios de vegetación, monitoreo de drenajes, patrones de suelo y en varias fases decrecimiento de los cultivos. Generalmente, los colores rojos profundos indican hoja ancha y/o la vegetación más saludable mientras los tonos de rojo más ligeros significan prados o áreas de escasa vegetación remanente. Se muestran las áreas urbanas densamente pobladas en azul ligero. Esta combinación de las bandas del TM da resultados similares al color infrarrojo, tradicionalmente usado en la fotografía aérea.

- Rojo-magenta: vegetación vigorosa, cultivos de regadío, prados de montaña o bosques de caducifolias en imágenes de verano y cultivos herbáceos de secano en imágenes de primavera.
- Rosa: áreas vegetales menos densas y/o vegetación en temprano estado de crecimiento. Las áreas residenciales suburbanas entorno a las grandes ciudades, con sus pequeños jardines y árboles diseminados, aparecen a veces en este color.
- Blanco: áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nubes, arenas, depósitos salinos, canteras y suelos desnudos.
- Azul oscuro a negro: superficies cubiertas total o parcialmente por el agua: ríos, canales, lagos y embalses. En zonas volcánicas los tonos negros pueden identificar flujos de lava.
- Gris azul metálico: ciudades o áreas pobladas, si bien pueden tratarse de roquedo desnudo.
- Marrón: vegetación arbustiva muy variable en función de la densidad y del tono del sustrato. Los tonos más oscuros indican presencia de materiales paleozoicos (pizarras), mientras los materiales calcícolas, menos densos normalmente, ofrecen una coloración más clara.
- Beige-dorado: identifica zonas de transición como prados secos frecuentemente asociados con el matorral ralo.

- **Combinación en falso color: RGB – 543**



Combinación RGB para Landsat TM : 5,4,3

Combinación RGB para Landsat 8: 6,5,4

Esta combinación contiene una banda de cada una de las tres regiones reflexivas espectrales importantes (visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta). La vegetación verde aparece verde con esta combinación de banda, y la infrarroja de onda corta puede mostrar el estrés y mortalidad de la vegetación. Los caminos son claramente menos evidentes en esta combinación que en la combinación 432 porque la banda 3 está desplegada en azul.

- **Combinación en falso color: RGB – 742**



Combinación RGB para Landsat TM : 7,4,2

Combinación RGB para Landsat 8: 7,5,3

Esta combinación es una de las mejores para información perteneciente a silvicultura. Buena para mapeado de escala operacional de áreas de reciente cosecha y construcción de caminos.

La vegetación saludable será de un verde claro intenso y puede saturarse en estaciones de alto crecimiento, las áreas de suelo desnudo serán de una tonalidad rosada, los tonos naranjas y marrones representan la vegetación escasamente esparcida. La vegetación seca será de color naranja y el agua de color azul. La arena, suelos y minerales son resaltados en multitud de colores. Esta combinación es muy útil para estudios geológicos, agricultura y humedales. Si existiera algún tipo de

incendio en una imagen aparecerá en rojo. Las pasturas aparecen de color verde claro. Las áreas urbanas en tonos magentas. Los tonos verde olivo a verde claro normalmente indican áreas forestales con presencia de coníferas siendo más oscuras que los bosques de caducifolias.

<i>Bandas espectrales del sensor Thematic Mapper (TM)</i>		
Banda	Longitud de onda (μm)	Características
1	0.45 a 0.52	Azul-verde. Máxima penetración en el agua (útil para hacer cartografía batimétrica en aguas poco profundas). Útil para distinguir suelo de vegetación y coníferas de árboles de hoja caduca
2	0.52 a 0.60	Verde. Ajustado al pico de reflectancia de la vegetación en el verde, útil para evaluar el vigor de las plantas
3	0.63 a 0.69	Rojo. Coincide con una banda de absorción de la clorofila, importante para discriminar tipos de vegetación.
4	0.76 a 0.90	IR reflejado. Útil para determinar contenido de biomasa y para cartografía de costas
5	1.55 a 1.75	IR reflejado. Indica contenido de humedad de suelo y vegetación. Penetra en nubes finas. Da buen contraste entre tipos de vegetación.
6	10.4 a 12.50	IR térmico. Las imágenes nocturnas son útiles para cartografía térmica y estimación de la humedad de suelos.
7	2.08 a 2.35	IR reflejado. Coincide con banda de absorción causada por iones hidroxilo en minerales. El cociente de las bandas 5 y 7 se usa para destacar rocas alteradas hidrotérmicamente, asociadas con depósitos minerales.

Figura 5.3. Bandas y aplicaciones del sensor Landsat TM

5.2. Correcciones de las imágenes

Cualquier imagen adquirida por un sensor remoto, presenta una serie de alteraciones geométricas y radiométricas con respecto a la imagen real. El proceso de corrección de la imagen trata de eliminar cualquier anomalía detectada por el sensor, tanto en los niveles digitales de los píxeles que la componen como en su localización, y así disponer de unos datos que se acerquen lo más posible a la adquisición de datos.

5.2.1. Correcciones radiométricas

Son aquellas que se realizan con el fin de restaurar los niveles digitales originales de una imagen con el propósito de acercarnos a los valores que hubieran tenido en condiciones de recepción ideales. Dentro de este concepto se engloban los problemas

radiométricos derivados del mal funcionamiento del sensor. A diferencia de las correcciones geométricas, aquí no se corrigen la posición de los píxeles, sino el valor de los niveles digitales (Nd).

Se distinguen tres tipos de correcciones radiométricas descritas a continuación:

- **Restauración de líneas o píxeles perdidos**

Este efecto se produce por un mal funcionamiento de la antena receptora o del sensor de la imagen, y puede suponer que en la imagen aparezcan líneas o píxeles perdidos. Las imágenes en las que se haya producido alguna de estas degradaciones presentan celdillas o líneas completamente en blanco o negro, o repitiendo los Nd de las celdillas vecinas.

Ya que ninguna de las imágenes del presente trabajo presentaba este efecto, no ha sido necesaria ninguna corrección en este sentido.

- **Corrección de bandeado de la imagen**

Los sensores a bordo de Landsat, en realidad no exploran línea a línea sino lotes de ellas. Como consecuencia de ello, si algún sensor presenta alguna anomalía, la imagen contendrá bandas a intervalos regulares. Este hecho hay que tenerlo en cuenta y corregirlo en caso de que se produzca.

Tras un examen detenido de las imágenes y ya que ninguna de las imágenes están afectadas de bandeado no ha sido necesario aplicar esta corrección.

- **Corrección atmosférica**

Esta corrección es imprescindible, se trata de un tipo de error originado por el contenido de aerosoles y vapor de agua en la atmósfera que causan un efecto de dispersión, provocando el incremento de la radiancia detectada por el sensor; este efecto de la dispersión no es constante ni en el tiempo ni en el espacio.

La corrección del efecto atmosférico será imprescindible cuando hayan de efectuarse combinaciones lineales entre bandas y también cuando hayan de

transformarse los ND de la imagen en magnitudes físicas y se realicen estudios multitemporales.

Existen varios métodos de corrección. Para las imágenes del trabajo no es necesario hacer esta corrección, ya que son productos de tipo L1T, productos ortorrectificados derivados de productos L1R a los que ya se le ha aplicado una corrección atmosférica previa.

No obstante se ha realizado una nueva corrección atmosférica, en este caso se ha corregido con el módulo de corrección atmosférica FLAASH de ENVI, obteniendo resultados favorables tanto para las imágenes TM como para Landsat 8.

El módulo FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes), es una herramienta de modelado de corrección atmosférica de principios básicos para recuperar la reflectancia espectral desde radiancia de imágenes hiperespectrales. Con FLAASH se puede compensar con precisión los efectos atmosféricos. Corrige longitudes en el visible a través de las regiones del infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta, de hasta 3mm. A diferencia de muchos otros modelos de corrección atmosférica que interpolan propiedades de transferencia de radiación desde los resultados de modelamiento de una base de datos precalculada, FLAASH incorpora el código de transferencia de radiación MODTRAN4.

- Conversión de los niveles digitales a parámetros físicos. Paso a reflectancias.

En los estudios de este trabajo es necesario conocer el comportamiento de la ocupación del suelo. Para ello es necesario encontrar la función genérica de transformación entre la variable física objeto de estudio y el ND asignado por el sistema de adquisición. Encontrada esta función, la aplicación de su inversa a los ND de la imagen permitirá caracterizar físicamente la cubierta estudiada.

Para el cálculo de los índices de los estudios incluidos en el trabajo, es mucho más correcto y riguroso hacerlo en función de la reflectancia. Para ello se recurre a un proceso de calibración radiométrica. Este proceso permite convertir la información de la imagen original (bruta) de cada pixel, de niveles digitales a niveles de reflectancia

captada por el sensor en el techo de la atmósfera (TOA, exoatmosférica o planetaria), es decir, sin los efectos de la misma, lo que permite disminuir los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas en la atmósfera. Adicionalmente, se busca remover el efecto de los diferentes ángulos de incidencia de la energía solar y de la distancia Tierra- Sol, que se producen como consecuencia de las diferencias de tiempo de adquisición de las imágenes. También es conveniente su aplicación, como en este trabajo, en el caso de utilizar imágenes de diferentes tipos de sensores, pues permite normalizar las diferencias de valores de la radiación solar causados por las diferencias de los rangos espectrales entre las bandas de las imágenes. En general con estas correcciones se busca minimizar los errores que influyen en la radiación o en el valor radiométrico de cada elemento captado en la escena.

La calibración para transformar a valores de reflectancia en el techo de la atmósfera, se ha hecho usando las utilidades de calibración para imágenes Landsat de ENVI. Así, para esto, el proceso se divide en dos partes, un primer paso para convertir los ND a radiancias espectrales, y un segundo paso final, para pasar los valores de radiancia a reflectancia.

El método que emplea ENVI en la calibración para pasar de ND a radiancia, es el método de escalamiento de la radiancia espectral. Los parámetros necesarios para que ENVI realice este proceso, se encuentran en el archivo metadatos (MTL) de cada imagen Landsat. La fórmula usada es la siguiente:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + LMIN_{\lambda}$$

donde:

L_{λ} es la radiancia espectral en la banda de interés.

$LMAX_{\lambda}$ es la radiancia espectral en la banda λ correspondiente a Q_{calmax} .

$LMIN_{\lambda}$ es la radiancia espectral en la banda λ correspondiente a Q_{calmin} .

Q_{calmax} es el nivel digital máximo calibrado.

Q_{calmin} es el nivel digital mínimo calibrado.

Q_{cal} es el nivel digital que se desea convertir.

Para la conversión de radiancia en el sensor a reflectancia, se usa la siguiente fórmula:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \cos \theta}$$

donde:

ρ_{λ} es la reflectancia en el techo de la atmósfera.

d es la distancia Tierra-Sol (unidades astronómicas).

θ es el ángulo cenital solar.

$ESUN_{\lambda}$ es la irradiancia espectral extraterrestre.

A excepción de las imágenes TM, en el caso de las imágenes Landsat 8, el proceso de conversión de ND a reflectancia se ha hecho introduciendo manualmente con la herramienta “Band Math” de ENVI las fórmulas proporcionadas por el USGS. El proceso ha de hacerse banda por banda.

Los productos Landsat 8 se entregan en formato entero sin signo de 16 bits y se pueden reajustar a reflectancia TOA utilizando los coeficientes de reescalado radiométrico proporcionados en el archivo de metadatos del producto (archivo MTL), como se describe brevemente a continuación. La siguiente ecuación se utiliza para convertir los valores de ND a reflectancia TOA para los datos de OLI:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

donde:

ρ_{λ}' es la reflectancia TOA, sin corrección para el ángulo solar.

M_{ρ} es el factor de escala multiplicativo.

Q_{cal} son los valores de los píxeles cuantificados y calibrados.

A_{ρ} es el factor aditivo de cambio de escala.

Entonces, la expresión que da la reflectancia TOA con corrección para el ángulo solar es:

$$\rho_{\lambda}' = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos \theta_{SZ}} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin \theta_{SE}}$$

donde:

ρ_{λ}' es la reflectancia TOA.

θ_{SZ} es el ángulo cenital solar local, $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

θ_{SE} es el ángulo local de elevación solar.

Los valores de reflectancias deberían estar comprendidos entre 0 y 1 (tantos por uno, adimensional), pero en la conversión por el método anterior de la imagen Landsat 8 se obtienen reflectancias negativas y también por encima de 1. Para corregir este problema se han truncado por debajo de 0 y por encima de 1.

Por otra parte, las bandas del infrarrojo térmico, tanto la del sensor TM (B6) como las dos bandas del producto Landsat 8 provenientes del sensor TIRS (B10 y B11), han sido calibradas y convertidos sus ND a temperatura de brillo (en grados Kelvin).

Para esto, el primer paso es convertir los ND de las mencionadas bandas del infrarrojo térmico a valores de radiancia. Este paso es inmediato en el caso del sensor TM para su correspondiente banda térmica, ya que se hace a través del mismo procedimiento de calibración de ENVI (método de escalamiento de la radiancia espectral) por el que se han calibrado las demás bandas a valores de reflectancia exoatmosférica, solo que esta vez se ha realizado el paso a radiancias.

En el caso de las dos bandas térmicas del sensor TIRS de Landsat 8, el procedimiento para paso a radiancia se hace de manera manual siguiendo las especificaciones del proveedor del producto:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

donde:

L_{λ} es la radiancia espectral TOA ($\frac{W}{m^2 srad m}$)

M_L es el factor de cambio de escala multiplicativo.

Q_{cal} son los valores de los píxeles cuantificados y calibrados.

A_L es el factor aditivo de cambio de escala.

Una vez obtenidos los valores de radiancia, el paso final es convertirlos a temperatura de brillo. Para eso, el procedimiento es el mismo tanto para el sensor TM como para el TIRS. Procedimiento que se hace de forma manual, calculando con la herramienta Band Math de ENVI a partir de las constantes térmicas (K1 y K2) previstas para los distintos sensores y según la siguiente expresión:

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1)}$$

donde:

T es la temperatura de brillo(k).

L_{λ} es la radiancia espectral TOA ($\frac{W}{m^2 srad m}$)

K1 y K2 son las constantes térmicas del sensor para cada banda.

	TM B6	TIRS B10	TIRS B11
K1	607,76	774,89	480,89
K2	1260,56	1321,08	1201,14

Los resultados que se han obtenido de dichas correcciones atmosféricas tanto para la imagen de 1991 como para la imagen de 2013 se encuentran en el *Anejo III*.

5.2.2. Correcciones geométricas

Las correcciones geométricas tienen como finalidad reconstruir la geometría de la imagen, adaptándola a una determinada proyección cartográfica y a su sistema de coordenadas asociado. Para denominar este tipo de operaciones se ha consolidado el nombre de georreferenciación y ortorrectificación.

Los errores que afectan en este caso y que distorsionan la imagen real pueden ser los siguientes:



- Errores por la oscilación de la plataforma del satélite: aunque pequeñas, se producen variaciones en la orientación y/o en la órbita del satélite que, a su vez introducen pequeños errores en la geometría de la toma. Estas variaciones y sus errores son:
 - o Aleteo: consiste en basculamientos sobre el eje paralelo al vector velocidad o desplazamiento del satélite.
 - o Cabeceo: son basculamientos sobre el eje horizontal, perpendicular al sentido de avance del satélite.
 - o Ladeo: son giros sobre la vertical del satélite.
 - o Variaciones en altura: producen cambios de escala.
 - o Variaciones en velocidad: producen aglomeraciones y espaciamientos en la imagen.
- Errores provocados por la rotación terrestre: consisten en desplazamientos sucesivos de las líneas perpendiculares a la traza debidos al movimiento terrestre mientras se efectúa el barrido de la imagen.
- Errores por el tiempo de barrido de las líneas: se producen por el desplazamiento del satélite mientras barre una línea. Por eso las líneas serán ligeramente oblicuas a la traza del satélite.
- Distorsión por la curvatura de la tierra: es muy importante en satélites de gran altura de toma de datos, como los geoestacionarios.

Muchos de estos errores se pueden corregir, al menos parcialmente, mediante rotaciones, traslaciones y cambios de escala con respecto a la imagen correcta.

Antes de realizar cualquier proceso, es necesario analizar y cuantificar el desplazamiento que se ha producido en las imágenes a causa del relieve. Si estos desplazamientos son superiores al pixel de las imágenes, la corrección que se ha de emplear es la ortorrectificación. Si no, bastará con aplicar una corrección más sencilla sobre las imágenes.

Se debe tener en cuenta que el desplazamiento debido al relieve de la imagen se realiza pixel a pixel, por lo que la precisión final dependerá de la precisión del modelo digital de elevaciones elegido. Mediante la ortorrectificación se consigue

obtener una imagen libre de deformaciones y con las características geométricas de un mapa: todos los puntos se encuentran a la misma escala.

El error debido al relieve dependerá o vendrá condicionado tanto por las características de la imagen, como la resolución espacial de ésta, el tamaño de la escena y la ubicación de la zona de estudio dentro de la escena; así como por las características del terreno, dependiendo de si el terreno es más o menos abrupto.

Partiendo de la expresión: $\frac{dr}{r} = \frac{dh}{h}$, donde:

dr es el desplazamiento debido al relieve.

r la distancia del punto al nadir.

dh la diferencia de alturas entre el objeto en su posición del terreno y su posición proyectada.

h la altura del satélite.

Traslado todo lo anterior a la zona de interés de las imágenes objeto del proyecto, se observa que:

- La diferencia en cota, entre el máximo y el mínimo, es de 1000 metros.
- La altitud de órbita del satélite es de 705 kilómetros.
- La zona de actuación se encuentra aproximadamente a 70 kilómetros del nadir.
- Se obtiene un valor máximo de desplazamiento debido al relieve en las imágenes de : $dr = 100$ metros

Esto significa que hay zonas de la imagen donde ha podido producirse un error debido al relieve de hasta 4 píxeles (120 metros).

Por tanto, se deberá tener en cuenta el relieve de la zona, y aplicar a las imágenes una serie de correcciones mediante algoritmos que tengan en cuenta la altura de cada elemento de las imágenes.

- **Georreferenciación y Ortorrectificación**

La georreferenciación y ortorrectificación del mosaico de las imágenes del año 1991 y del mosaico de las imágenes del año 2013, se han realizado con el software ENVI 5.1, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

1º Georreferenciación

La georreferenciación de la imagen es una corrección geométrica de la misma, donde se cambian de posición las celdillas originales de la imagen sin alterar sus niveles digitales, con el fin de obtener una imagen dotada de validez cartográfica referenciada.

Esta georreferenciación se ha llevado a cabo mediante la elección de puntos de control, que consiste en la identificación de una serie de puntos en la imagen y sus homólogos en el mapa, identificando los puntos en la imagen mediante el software ENVI 5.1 y los homólogos en el mapa mediante el visor Iberpix, referidos al elipsoide ETRS89. Mediante estas coordenadas de puntos homólogos, de imagen y mapa se han calculado los parámetros de transformación por mínimos cuadrados, que relacionan ambos sistemas.

Para que el ajuste entre imagen y mapa se realice de forma correcta y precisa se han tenido en cuenta tres aspectos: el número de puntos de control, la localización de los mismos y su distribución.

- El número de puntos de control adecuado va a depender del tamaño y complejidad geométrica de la imagen. Por otra parte al ser complejo el terreno, se necesita un mayor número de puntos de control, que permitirán una mayor precisión a la hora de obtener la ecuación de ajuste.
 - o Número mínimo de puntos válidos considerados en la imagen 1991: 25
 - o Número mínimo de puntos válidos considerados en la imagen 2013: 31
- La distribución de los puntos se ha realizado uniformemente por todo el territorio abarcando toda la imagen del mosaico, tanto en la periferia, como sobre la zona central del trabajo.

- La localización de los puntos se ha realizado de manera que se identifican de manera clara y nítida tanto en la imagen como en el visor Iberpix, por lo que se ha elegido preferiblemente elementos artificiales del paisaje que no cambien con el tiempo, como cruces de carreteras.

Una vez elegidos los puntos de control, la georreferenciación se ha realizado mediante la aplicación de funciones matemáticas de transformación, las cuales relacionan las coordenadas actuales (x,y) de los puntos de control con las coordenadas corregidas (u,v) del mapa de referencia en una determinada proyección cartográfica.

Para obtener las ecuaciones, se ha empleado una aproximación de las mismas, que consiste en tomar los primeros términos de su desarrollo en serie, dando lugar a funciones polinómicas del tipo:

$$u = \sum_{p=0}^n \sum_{q=0}^{n-p} a_{pq} x^p y^q, \quad v = \sum_{p=0}^n \sum_{q=0}^{n-p} b_{pq} x^p y^q$$

Donde “n” representa el grado del polinomio. Si n=0, la función de ajuste representa una simple traslación de coordenadas, pero si “n=1”, la corrección incluye una traslación, una rotación y unos cambios de escala, y para n≥2, la transformación arroja correcciones residuales aleatorias.

Para la corrección de imágenes Landsat es suficiente la aplicación de polinomios de grado 4, cuyas ecuaciones presentan la siguiente forma:

$$\hat{X} = p(0,0) + p(0,1)y + p(0,2)y^2 + p(1,0)x + p(1,1)xy + p(1,2)xy^2 + p(2,0)x^2 + p(2,1)x^2y + p(2,2)x^2y^2$$

$$\hat{Y} = q(0,0) + q(0,1)y + q(0,2)y^2 + q(1,0)x + q(1,1)xy + q(1,2)xy^2 + q(2,0)x^2 + q(2,1)x^2y + q(2,2)x^2y^2$$

En función de las expresiones anteriormente planteadas, el número mínimo de puntos necesarios para poder llevar a cabo el ajuste sería de nueve, sin embargo, tal y como se ha comentado anteriormente este ha sido de veinticinco en la imagen de 1991 y de treinta y uno en la imagen de 2013.

Los puntos de control usados en el ajuste son válidos siempre y cuando arrojen un residuo inferior a un determinado umbral de precisión, siendo el criterio de precisión adoptado para este umbral el siguiente:

- Un error medio cuadrático RMS, individual de cada punto, máximo permitido de 1 pixel de error.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(u_i - X_i)^2 + (v_i - Y_i)^2]}{n}}$$

- Un error medio cuadrático global máximo de 2/3 del tamaño del pixel.

$$RMS < 2/3 \text{ de pixel} = 0,66667 * 30 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

Error medio cuadrático (RMS) 1991: 0.577061

Error medio cuadrático (RMS) 2013: 0.436805

Los datos correspondientes a la georreferenciación, así como la localización de los puntos de control situados sobre la imagen se encuentran en los *Anejos IV y V* respectivamente.

2º Ortorrectificación

Una vez que se tiene la imagen correctamente georreferenciada, el siguiente paso consiste en realizar la ororrectificación de esta, o corrección por desplazamiento debido al relieve. Este proceso ha sido llevado a cabo con el software ENVI 5.1, mediante la opción de ororrectificación usando RPC y puntos de control.

- Elección de los Puntos de control: en este caso, el proceso de obtención de puntos de control se realiza de manera similar a como se ha realizado en el proceso de georreferenciación, con la diferencia de que en este caso, hay que introducir además de las coordenadas mapa X e Y, la elevación de



estos puntos, es decir la cota Z, la cual se obtiene a partir del modelo digital de elevaciones.

- o Número de puntos que se han tomado en la imagen de 1991: 30
 - o Número de puntos que se han tomado en la imagen de 2013: 36
- Obtención del fichero RPC: mediante este fichero el software ENVI obtiene los parámetros de orientación externa del sensor en el momento de la toma, para lo cual habrá que introducir, además de los puntos de control anteriormente definidos, los valores de distancia focal en mm, posición del punto principal y tamaño del pixel.

Una vez seleccionados los puntos de control, y generado el fichero RPC, se introduce en el software el modelo digital de elevaciones georreferenciado, y este calcula de modo automático la ortorrectificación o corrección por desplazamiento debido al relieve.

Una vez en este punto la imagen se considera totalmente corregida.

Los datos correspondientes a la ortorrectifiación, así como la localización de los puntos de control situados sobre la imagen se encuentran en los *Anejos VI y VII* respectivamente.

5.3. Recorte zona interés

Una vez concluidas las operaciones anteriormente descritas, el siguiente paso consiste en recortar ambas imágenes, con el fin de eliminar toda aquella información que se encuentra fuera de la zona de interés del trabajo.

Esta operación se ha realizado mediante el software ENVI 5.1 el cual permite recortar la imagen por varios métodos:

- Por coordenadas en el sistema de referencia en el que está georreferenciada la imagen, introduciendo las coordenadas de las esquinas superior izquierda e inferior derecha de la zona que se desea recortar.



- De forma gráfica, indicando sobre la imagen el recuadro que se desea recortar.
- Mediante archivo, seleccionando el archivo de una imagen previamente recortada, y realizando el recorte de la imagen que se desea recortar igual al de la imagen ya recortada.

En este caso el método que se ha utilizado ha sido el último descrito para así tener en ambas imágenes exactamente la misma área.



6. CLASIFICACIÓN DIGITAL



El objetivo de la clasificación digital es el de obtener una imagen en la que cada píxel presente un tipo de suelo determinado en función del nivel digital que presente.

Existen dos métodos generales de clasificación digital, el método no supervisado, y el método supervisado. En el caso de este estudio, se ha hecho uso del método supervisado.

6.1. Clasificación supervisada

En el método supervisado requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite al operador delimitar sobre la imagen una serie de parcelas, conocidas como campos de entrenamiento, de las cuales conoce su pertenencia a cada una de las clases establecidas. A partir de estos campos de entrenamiento, el software calcula diversos parámetros estadísticos que definen cada clase, para luego clasificar el resto de píxeles en una categoría determinada.

6.1.1. Fase de entrenamiento

Se define un cierto número de campos de entrenamiento por cada clase de suelo para evitar que algunos píxeles queden sin clasificar, ya que pueden presentar variabilidad en sus niveles digitales dentro de una misma categoría. En esta fase suelen ser necesaria la revisión de campo. En esta caso no ha sido posible hacer visitas de campo, pero se ha hecho uso de otras fuentes de información, como por ejemplo el visor IberPix de ortofotografías e imágenes satélite del Instituto Geográfico Nacional y el geoportal del SIG del Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente, que contiene información de los usos del suelo que se presentan en la zona.

A la hora de delimitar los campos de entrenamiento hay que tener en cuenta que estos deben estar formados, con el mayor rigor posible, por celdillas puras, es decir, que representen solamente la cubierta que se pretende caracterizar y no muestren contaminación por otras. La selección de campos de entrenamiento sería incorrecta si alguno de estos se situara entre dos o más categorías ya que al tratarse de un área heterogénea, sus medidas estadísticas serían una cierta media entre las distintas clases.

Por otra parte, resulta conveniente seleccionar varios campos por categoría a fin de reflejar la variabilidad que puede tener la misma cubierta debido a distintos factores, como por ejemplo el tipo de suelo, la orientación del terreno, la existencia de riesgos, el porcentaje de terreno cubierto por masa vegetal en olivares, etc.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, los campos de entrenamiento se han escogido en gran número y con un tamaño de pocos píxeles. De esta forma, se intenta eliminar la presencia de píxeles impuros y recoger la variabilidad que presenta cada una de las clases al distribuir los campos por toda la imagen. También apuntar que este proceso se ha llevado a cabo sobre una composición de color sobre la imagen resultante de la combinación de bandas RGB, seleccionando la banda 7 con el rojo, la 5 con el verde y la banda 3 con el azul, obteniendo una imagen con un color orientativo para un entrenamiento más eficaz. Para mejorar la diferencia entre los cultivos intensivo y extensivos, además de matorral seco y humedales se utiliza la composición 4/3/2, respectivamente, donde el color rojizo destaca la humedad que contiene la vegetación.

Una vez hecho el análisis necesario sobre la información auxiliar y la comprobación con Iberpix para delimitar los campos de entrenamiento y la clase a la que pertenecen, se llega a la conclusión de que las distintas categorías que constituyen la zona de estudio son principalmente: agua, labor intensiva, monte alto, monte bajo, olivar, suelo desnudo o con escasa vegetación, matorral, pastizal y rastrojo quemado.

- Agua perteneciente a los embalses se ha considerado como una categoría más en la clasificación, ya que su signature espectral indica que se trata de una superficie fácil de discriminar.
- Labor intensiva: pertenece a esta clase los cultivos de regadío siendo el más común trigo, algodón y girasol.
- Monte alto: se localizan en zonas de altas montañas de vegetación densa de árboles en abundancia como coníferas, pinos, etc.
- Monte bajo: región caracterizada en vegetación baja, medianamente seca y de poca densidad, como por ejemplo romero y jaras.



- Olivar presenta una acentuada variabilidad, ya que deja ver gran parte de suelo desnudo, y además, ocupa litologías variadas. Esto hace que el número de campos de entrenamiento tomados para definir esta categoría tenga una distribución sobre la zona lo más homogénea posible.
- Suelo desnudo esta categoría incluye también, el suelo escasamente poblado o poco cubierto.
- Matorral: región caracterizada en vegetación baja, medianamente seca y de poca densidad.
- Pastizal: región donde predomina la vegetación herbácea.
- Rastrojo Quemado: zonas de labor intensiva que se encuentran quemadas por el barbecho.

El número de píxeles pertenecientes a los polígonos de entrenamiento de cada clase por cada imagen son:

Clases	2013	1991
Agua	298	133
Labor intensiva	264	114
Olivar	161	78
Suelo desnudo	212	144
Monte alto	126	156
Monte bajo	152	108
Matorral	163	89
Pastizal	196	104
Rastrojo quemado	63	100
Total	1635	1026

Para ajustar el mínimo y el máximo de polígonos de entrenamiento, se multiplica “n” por diez para el mínimo y “n” por cien para el máximo, donde “n” es el número de bandas utilizadas. El resultado será un mínimo de 60 y un máximo de 600 a utilizar.

6.1.2. Análisis previo de separabilidad

Antes de realizar la fase de asignación, es conveniente estudiar la discriminabilidad de las distintas clases establecidas, de cara a evaluar el riesgo de error en la clasificación. Se ha elaborado un diagrama de firmas espectrales de las clases a partir de los ND procedentes de los campos de entrenamiento de cada una de ellas, para cada una de las bandas y se han obtenido los resultados de dos métodos estadísticos ofrecidos por ENVI, como son el diagrama de divergencia transformada y el de distancia de Jeffries Matusita. Los valores de estos métodos estadísticos van de 0 a 2,0 y lo que indican es la separabilidad de los ROI seleccionados. Los resultados del análisis previo de separabilidad se encuentran en el *Anejo IX*.

Cada clase estará caracterizada por su media y su desviación típica. Cada banda se configura tomando como referencia estos estadísticos, que nos informan del comportamiento espectral de cada clase.

Tras la obtención de los diagramas de las firmas espectrales, recogidos en el *Anejo VIII*, se puede hacer una primera valoración de las tendencias espectrales de las clases establecidas para la clasificación. En estos gráficos, las bandas aparecen representadas en el eje de abscisas, mientras que los niveles digitales medios quedan representados en el eje de ordenadas.

Se puede apreciar cierto paralelismo entre las firmas de las distintas clases que intervienen en la clasificación, siendo la separación entre ambas suficiente para la correcta discriminación de cada una de las cubiertas.

Por otra parte, se percibe cierta confusión en las bandas 2 y 3. No obstante, una vez hecha la clasificación las diferentes clases quedan claramente diferenciadas.

6.1.3. Fase de asignación

En esta fase se ha asignado a cada celda de la imagen una categoría determinada anteriormente en la fase de entrenamiento y alcanzar como resultado una imagen monobanda en la que el nivel digital de cualquier pixel corresponda con una de las categorías clasificadas.

Para la creación de dicha imagen se ha utilizado un clasificador de máxima probabilidad, este método considera que los valores numéricos de cada categoría se ajustan a una distribución normal. Esto nos permite describir esa categoría por una función de probabilidad, a partir de su vector de medias y matriz de varianza-covarianza. Así podemos calcular la probabilidad de que en un determinado píxel pertenezca a una categoría; el cálculo se realiza para todas las categorías definidas y el píxel se clasifica en clase a la cual tenga más probabilidad de pertenecer.

Este clasificador es el más complejo y, por lo tanto, el que mayor volumen de cálculo requiere, pero es el más robusto y fiable ya que se ajusta fielmente a la distribución original de los datos.

Los resultados de la clasificación de ambas fechas, 1991 y 2013, se recogen en el *Documento Gráfico 10 y 11*.

6.2. Proceso de verificación

Una vez lograda la imagen final en la clasificación supervisada, el siguiente paso es establecer un control de calidad ya que el resultado está sometido a diversos errores de asignación de celdillas. Dichos errores se pueden generar debido a las siguientes causas:

- La estructura del territorio: si la fragmentación es alta, aumenta la probabilidad de encontrar estos errores. En este sentido, el error es mínimo, ya que la fragmentación de la zona en general es baja.
- El nivel de desgregación de la leyenda: si el número de categorías incluidas en la leyenda es alto, el riesgo de error será muy elevado. Por el contrario, si la cifra de clases a considerar es baja, el error de clasificación será menor, pero la contrapartida será la obtención de menor volumen de información. El número de categorías establecidas en este caso es de 9.



- Problemas en la adquisición de la imagen.
- Condiciones medioambientales.

Es fundamental cuantificar estos errores de asignación, para así poder conocer la calidad final del trabajo.

El método empleado para estimar el error cometido en la clasificación, consiste en comparar los resultados obtenidos con la verdad-terreno, mediante una matriz de confusión.

La formación de esta matriz requiere el cumplimiento de ciertas condiciones:

- Las clases que se establezcan deben ser independientes, mutuamente excluyentes y exhaustivas.
- Deben usarse métodos de muestreo que excluyan autocorrelación.
- Es conveniente el uso de métodos estratificados para asegurar la presencia de clases extrañas o minoritarias.
- Para comprobar la bondad de un proceso de clasificación supervisada, no se deben usar las parcelas de entrenamiento.

Para llevar a cabo la verificación se ha utilizado una fuente de datos reales, para ello se ha utilizado el visor IberPix.

Tras no encontrar imágenes correspondientes al año 1991 y ya que se ha seguido el mismo proceso que para el año 2013, se ha realizado el proceso de verificación de la imagen más reciente 2013 para que se vea cuál es la calidad de las clasificaciones y se ha considerado la del año 1991 con el mismo grado de calidad.

Se escoge un tamaño determinado de muestras representativas de cada uso del suelo distribuidas por toda la imagen. Se emplea un muestreo sistemático no alineado, es decir, un muestreo aleatorio simple desarrollando en la zona de trabajo una cuadrícula de 8x9, seleccionando píxeles mediante un proceso aleatorio; sabiendo que todas las celdillas de las escenas son equiprobables para ser seleccionada por muestra de tal manera que la imagen quede muestreada uniformemente.

El tamaño de muestra dependerá de dos factores fundamentales. En primer lugar estará supeditado al nivel de confianza que quiera otorgarse a la estimación. Obvio es considerar que, para que pueda asegurarse con el 100% de confianza cuál es el nivel de error cometido en la clasificación, debe verificarse que el número de celdillas de la muestra tiene que ser la población completa. Por otro lado, el tamaño de la muestra dependerá del grado de información previa que se posea sobre la población, ya que esto permitirá reducirlo sin hacer bajar el nivel de confianza de la estimación.

La verificación de la bondad de la clasificación trata de establecer el acierto o error en la asignación de una determinada celdilla. El suceso (celdilla bien clasificada-celdilla mal clasificada) se distribuye como una variable aleatoria discreta binomial.

Para este caso el trámite para el muestreo se realiza en base al mapa digital usado anteriormente en la clasificación supervisada y el tamaño de la muestra se calcula según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 * p * q}{\varepsilon^2}$$

Siendo:

- n : el tamaño de la muestra.
- p y q : se corresponden con la probabilidad de clasificar bien/mal una determinada celdilla en una categoría.
- ε : es el error admitido en la asignación de celdillas. Se le ha proporcionado uno del 5% (0.05).
- $z_{\alpha/2}^2$: es el percentil de la distribución normal $N(0,1)$ correspondiente a la mitad de nivel de confianza exigido en la estimación.

Si se considera que $p=q=0.5$ como el caso más desfavorable resulta un tamaño de la muestra igual a:

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2}{4 * \varepsilon^2}$$



- Se ha optado por un nivel de confianza del 95%.
- Siendo el nivel de confianza $(0.95) = 1-\alpha$.
- $\alpha = 0.05$ y por lo tanto $\alpha^2 = 0.025$.
- El valor de z es: $z_{\alpha/2}^2 = 1.94$ (tabla de distribución normal).

Calculando la última ecuación planteada, el tamaño de la muestra es de 666 y el resultado final son 9 muestras por cuadrícula.

Una vez conseguido el tamaño de la muestra, se inicia el muestreo aleatorio. Obteniendo 703 píxeles en total distribuidos por toda el área de estudio.

Una vez delimitadas las parcelas sobre la imagen, se procede a la comparación con los resultados de la clasificación. Para este fin, se utilizará la matriz de confusión, denominada así porque recoge los conflictos que se presentan entre las categorías. Se trata de una matriz bidimensional cuadrada de dimensión n, siendo n el número de categorías, en la que las filas son ocupadas por las clases verificadas y las columnas por las categorías deducidas de la clasificación. Cada elemento de la matriz está ocupado con un número que representa la cantidad de celdillas de la muestra analizada que, perteneciendo en la imagen clasificada a la categoría que marca su columna, realmente la verificación ha demostrado su pertenencia a la clase que indica su fila. En la diagonal principal se encuentra el número de píxeles correctamente clasificados para cada clase, es decir, aquellos píxeles en los que se produce acuerdo entre la realidad y la clasificación. Por otra parte, el resto de posiciones dentro de la matriz constituye los llamados errores de asignación, que pueden ser de dos tipos: error de omisión y error de comisión.

- Error de omisión: se produce cuando, aun perteneciendo a una determinada categoría la celdilla no fue asignada a ella.
- Error de comisión: se produce cuando la celdilla es asignada a una determinada categoría, no perteneciendo realmente a ella.

El porcentaje de estos errores sobre el total se denomina riesgo del productor y riesgo del usuario, respectivamente. El primero sería la probabilidad que tiene el analista de cometer error por la no inclusión de algunas celdillas en la clase

correspondiente, y el segundo hace referencia a la probabilidad de que el usuario pueda incurrir en error al asumir la pertenencia de una celdilla a una clase determinada basándose en la clasificación, cuando en realidad puede corresponder a una clase diferente.

Los porcentajes complementarios a cien en ambos casos serán las fiabilidades.

La matriz de confusión correspondiente a cada imagen, aparece recogida, con sus respectivos cálculos y errores, en el *Anejo X*.

- **Parámetros de control**

Se pretende en este apartado, hacer referencia a una serie de índices que permiten resumir el contenido de la matriz de confusión intentando en lo posible evitar la pérdida de calidad en la valoración global.

Los índices globales son unos de los índices más usuales y característicos de los procesos de clasificación de imágenes de satélite. Estos índices, necesitan de la construcción de la matriz de confusión, y pretenden resumir la bondad de la clasificación en un único valor.

A continuación se detallan los índices globales calculados:

Porcentaje de acuerdo

Este índice es muy fácil de calcular y a su vez muy intuitivo. Sólo usa los elementos de la diagonal principal. Sobreestima la bondad de la clasificación, ya que no considera los errores entre las clases.

$$P_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M n_{i,i}$$

Donde:

P_a es la probabilidad de que los errores de omisión y de comisión, sean nulos. Sus valores se encuentran en el intervalo [0,1] siendo la clasificación tanto mejor cuanto más se acerque a la unidad.

N el número total de píxeles.

M el número de clases.

Coeficiente kappa de ajuste

Este índice es un coeficiente muy utilizado como parámetro de calidad, ya que pretende tener en cuenta las distribuciones marginales de la matriz de error. Su valor da idea del porcentaje de acuerdo obtenido en la clasificación una vez se ha eliminado la parte que se debería al azar, es decir, muestra cuanto ha mejorado el sistema de clasificación respecto a una clasificación aleatoria de los N elementos en M grupos. Además aumenta la estimación del acuerdo al azar, ya que los valores marginales incluyen tanto el acuerdo marginal como el real, y de este modo, subestima la bondad de la clasificación total.

$$K = \frac{P_a - P_c}{1 - P_c}$$

El coeficiente kappa de ajuste se basa en la probabilidad a posteriori de pertenencia a un grupo. Sus valores varían entre 0 y 1, representando el valor 1 el caso de total acuerdo.

En este estudio el resultado que se ha obtenido del coeficiente kappa de ajuste ha sido de 0.9005.

Los parámetros de control correspondientes, aparecen junto a las respectivas matrices de confusión, en el *Anexo X*.

- Post-clasificación

Con el fin de mejorar la clasificación, evitando la variabilidad excesiva del pixelado, e intentando suavizar la imagen final creando zonas más uniformes, se ha procedido a aplicar un filtro de análisis de ENVI, el "Majority/Minority Analysis".

También se ha convertido el archivo de clasificación a un archivo vectorial tipo shape para trasladarlo posteriormente al software QGIS para, desde ahí, proceder a la mejor producción cartográfica del producto final.



7. ANÁLISIS DE CAMBIOS



Una vez clasificadas las imágenes se ha procedido a comparar los usos del suelo de la imagen más reciente con la más antigua.

Así se ve entre las 9 clases que se han escogido como han cambiado lo que en 2013 pertenece a una clase a lo que correspondía en 1991.

La finalidad de todo este procedimiento es obtener 9 imágenes donde se reflejan la evolución de las diferentes zonas, estas se encuentran en los *documentos gráficos del 1 al 9* y 2 tablas con información numérica sobre dicha información comparativa de las imágenes.

La finalidad de los procesos comparativos es la generación de información, tanto visual como numérica, sobre la variación de los diferentes campos de entrenamiento de una imagen a otra, en este caso la imagen inicial será la imagen capturada en 2013 y la final la de 1991.

La información numérica viene organizada en dos tipos de tablas: mediante el número de píxeles de cada caso y en total y por superficie en hectáreas.



Por píxeles		2013									Total
		Agua	Labor intensiva	Suelo desnudo	Monte alto	Monte bajo	Olivar	Matorral	Pastizal	Rastrojo quemado	
1991	Agua	11 483	0	0	117	51	344	41	169	1	12206
	Labor intensiva	37	8056	10 339	4	1773	52361	30	18095	328	91062
	Suelo desnudo	92	555	21 630	3	163	77927	11	11522	6	111958
	Monte alto	96	10	0	45 508	18641	881	15030	16460	3	96659
	Monte bajo	974	89	64	29619	80784	4568	34438	108978	44	259729
	Olivar	638	920	18 601	199	475	233006	372	24731	36	279031
	Matorral	2521	206	356	12438	10837	6599	139516	184355	15	356892
	Pastizal	7180	449	10992	2075	11095	80605	36564	367879	21	517035
	Rastrojo quemado	51	26	1369	0	3	4897	0	681	0	7027
Total		23144	10325	63372	89993	123833	461570	226114	733112	454	
Cambios		11661	2269	41742	44485	43049	228564	86598	365233	454	
Diferencias		-10938	80737	48586	6666	135896	-182539	130778	-216077	6573	

Por superficie en hectáreas		2013									Total
		Agua	Labor intensiva	Suelo desnudo	Monte alto	Monte bajo	Olivar	Matorral	Pastizal	Rastrojo quemado	
1991	Agua	1033,47	0	0	10,53	4,59	30,96	3,69	15,21	0,09	1098,54
	Labor intensiva	3,33	725,04	930,51	0,36	159,57	4712,49	2,7	1628,55	29,52	8195,58
	Suelo desnudo	8,28	49,95	1946,7	0,27	14,67	7013,43	0,99	1036,98	0,54	10076,22
	Monte alto	8,64	0,9	0	4095,72	1677,69	79,29	1352,7	1481,4	0,27	8699,31
	Monte bajo	87,66	8,01	5,76	2665,71	7270,56	411,12	3099,42	9808,02	3,96	23375,61
	Olivar	57,42	82,8	1674,09	17,91	42,75	20970,54	33,48	2225,79	3,24	25112,79
	Matorral	226,89	18,54	32,04	1119,42	975,33	593,91	12556,44	16591,95	1,35	32120,28
	Pastizal	646,2	40,41	989,28	186,75	998,55	7254,45	3290,76	33109,11	1,89	46533,15
Rastrojo quemado	4,59	2,34	123,21	0	0,27	440,73	0	61,29	0	632,43	
Total		2082,96	929,25	5703,48	8099,37	11144,97	41541,3	20350,26	65980,08	40,86	
Cambios		1049,49	204,21	3756,78	4003,65	3874,41	20570,76	7793,82	32870,97	40,86	
Diferencias		-984,42	7266,33	4372,74	599,94	12230,64	-16428,51	11770,02	-19446,93	591,57	



A continuación se ha hecho una interpretación de los cambios ocurridos, teniendo en cuenta todas las herramientas, pruebas y ensayos desarrollados a lo largo de esta memoria.

- Aqua

Esta clase tiene una superficie mucho mayor en 2013 con respecto al año 1991 donde la mayor parte de las orillas de los principales embalses y ríos estaban ocupadas mayoritariamente por matorral y pastizal.

- Labor intensiva

La labor intensiva ha presentado bastantes variaciones, en 2013 queda una parte muy pequeña de superficie a comparación de la ocupación de esta clase en 1991, en la fecha más actual está superficie está ocupada principalmente por olivar.

- Monte alto

La clasificación de monte alto y monte bajo presenta cierta confusión ya que dependiendo de lo lluvioso que haya sido el año afecta en la toma de las imágenes ya que la signatura espectral es muy parecida.

- Monte bajo

En esta clase la situación es la misma que en la clase anterior de monte alto, produciéndose variaciones entre ambas clases, así como con matorral y pastizal.

- Matorral

El matorral se ha mantenido mayoritariamente sin cambios, produciéndose algunos con las clases pastizal, monte bajo y monte alto.

- Pastizal

Lo que en 2013 era pastizal en 1991 tenía zonas que pertenecían a matorral y monte bajo.



- Olivar

Lo que en la fecha actual, 2013 es olivar en 1991 era principalmente labor intensiva. También mencionar que esta clase presenta ciertas confusiones con la clase suelo desnudo ya que cuando el olivar se encuentra en sus primeras fases de crecimiento en la imagen satelital al hacer la clasificación se clasifica como el mismo.

- Suelo desnudo o con escasa vegetación

En el año 2013 la superficie de suelo desnudo es mucho menor que en 1991, esto es debido a que lo que ahora es ocupado por olivar en 1991 era ocupado por labor intensiva lo que conlleva que la mitad de los terrenos eran dejados de barbecho.

- Rastrojo quemado

En la clase de rastrojo quemado no se ha dado ninguna hectárea de coincidencia a causa de que las zonas quemadas varían constantemente, ya que se corresponde con zonas de barbecho y estas cambian cada año.



8. PRODUCCIÓN Y DISEÑO CARTOGRÁFICO



La presentación de esta última fase del proyecto se centra en la optimización del resultado final, para ello se ha centrado en el tratamiento visual y en los detalles, así se proporcionará una sencilla interpretación del producto cartográfico.

Para transformar la imagen digital en mapa hay que tener en cuenta una serie de aspectos, que a continuación se detallan brevemente.

La producción cartográfica a partir de imágenes espaciales requiere la incorporación a éstas de las características métricas de los mapas, mediante la aplicación de correcciones geométricas.

Para comenzar, a la imagen ya clasificada es necesaria la elección de unos colores para las clases que se ajusten lo máximo posible a las características reales del tipo de suelo que presenten cada una de las clases además de atenuar los colores de los campos con más superficie y destacar los de menor, con el fin de equilibrar la imagen final y evitar que una destaque sobre otra, según los colores primarios (RGB), se han utilizado los siguientes colores:

Clase	R	G	B	Color
Agua	123	200	229	
Labor intensiva	169	196	88	
Suelo desnudo	234	225	227	
Monte alto	58	109	68	
Monte bajo	148	210	176	
Olivar	58	166	123	
Matorral	232	200	142	
Pastizal	255	255	176	
Rastrojo quemado	0	0	0	



Las imágenes clasificadas suelen presentar una gran fragmentación de clases, resultando confusa su interpretación. Es aconsejable, por tanto generalizar el contenido de la imagen mediante simplificación y omisión. Se han suavizado las imágenes mediante la aplicación de un filtro modal. De este modo, la celdilla situada en el centro de la matriz de filtrado se asigna a la categoría más frecuente de entre las ocho restantes ocupadas por la ventana, si no pertenece a ella.

A la hora de diseñar el mapa, resulta fundamental no sobrecargar el mapa con excesiva información complementaria, ya que se perdería legibilidad y claridad comunicativa. Por esta razón, se ha efectuado una selección o generalización, de forma que quede representado todo elemento necesario para la comprensión del mapa.

En esta fase de producción, se ha superpuesto a la imagen clasificada distintos elementos cartográficos. Se ha utilizado con este fin el programa QGis, mediante el cual se ha efectuado toda la fase de diseño de los mapas finales. La información se ha dispuesto en capas, siendo algunas de ellas: hidrografía, núcleos urbanos, vías de comunicación, información marginal, etc.

Dentro de la información marginal, se incluyen el título y la leyenda.

En la leyenda se ha distinguido una sección de signos convencionales que hacen referencia a la información del mapa base, y otra correspondiente a la propia simbología del tema principal, en este caso, los usos del suelo.

Por otra parte la escala elegida para la realización de los mapas de suelos que definen la clasificación ha sido de 1/200000.

Otro de los factores que se han tenido en cuenta, es el formato de salida del producto cartográfico, en este caso papel a formato A-2 para dos de los mapas y A-3 para los mapas de cambios. Consiguiendo con esto un producto de uso cómodo, tanto de visualización como de manipulación.



La rotulación, tanto dentro como fuera de la zona de representación, ha sido también diseñada, utilizando tamaños y fuentes adecuadas a la escala de representación.

Todas las imágenes y archivos vectoriales provenientes de las imágenes Landsat usadas en el proyecto, están en el sistema de referencia WGS84. Este elipsoide, no dicta mucho del elipsoide GRS80 del sistema de referencia ETRS89, de hecho, éste último proviene del primero, por lo que a efectos prácticos y a la escala que nos concierne, se podrían considerar equivalentes; no obstante, todas las capas de información geográfica se han reproyectado en QGis a la hora de conformar la cartografía.

Los mapas de ocupación del suelo correspondientes a los años 1991 y 2013, y los mapas de cambios se adjuntan en los *Documentos gráficos 10 y 11*.



9. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS DE INTERNET



- Pinilla, Carlos (1995): *Elementos de Teledetección*. Madrid. Ed Ra-Ma.
- Chuvieco, E. (2000): *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid. Ed Rialp.
- United States Geological Survey (U.S.G.S.)
 - o <https://www.usgs.gov/>
- Aspectos técnicos de las imágenes Landsat (13-04-2016)
 - o http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf
- Visor IBERPIX: Visor de imágenes de satélites y ortofotos del IGN (04-04-2016)
 - o <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>
- Instituto Geográfico Nacional (07-04-2016)
 - o <http://www.ign.es/ign/main/index.do>
- ENVI Index of/tutorial (30-04-2016)
 - o http://www.ltid.inpe.br/tutorial/e_tutor.htm
- Sistema de Información Geográfico Agrario (05-05-2016)
 - o <http://sig.magrama.es/siga/>
- Confederación hidrográfica del Guadalquivir (01-04-2016)
 - o <http://www.chguadalquivir.es/la-demarcacion-hidrografica-del-guadalquivir>
- HARRIS geospatial solutions (15-06-2016)
 - o <http://www.harrisgeospatial.com/>
- Combinaciones RGB imágenes Landsat 8. (17-06-2016)
 - o <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>



II. ANEJOS A LA MEMORIA



ANEJO I METADATOS DE LAS IMÁGENES (ARCHIVOS MTL)

- **Imagen 1991 pasada 33**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0101405228779_00035"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LT42010331991194XXX02"
  FILE_DATE = 2014-05-23T16:20:01Z
  STATION_ID = "XXX"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.4.1"
  DATA_CATEGORY = "NOMINAL"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  DATA_TYPE_LORP = "TMR_LORP"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_4"
  SENSOR_ID = "TM"
  SENSOR_MODE = "SAM"
  WRS_PATH = 201
  WRS_ROW = 033
  DATE_ACQUIRED = 1991-07-13
  SCENE_CENTER_TIME = 10:12:48.9880130Z
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 39.85509
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = -5.79031
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 39.88866
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = -3.00585
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 37.91625
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = -5.71542
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 37.94759
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = -3.00569
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 261300.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4415400.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 499500.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4415400.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 261300.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4200000.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 499500.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4200000.000
  REFLECTIVE_LINES = 7181
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7941
  THERMAL_LINES = 7181
  THERMAL_SAMPLES = 7941
  FILE_NAME_BAND_1 = "LT42010331991194XXX02_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LT42010331991194XXX02_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LT42010331991194XXX02_B3.TIF"
```



```
FILE_NAME_BAND_4 = "LT42010331991194XXX02_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 = "LT42010331991194XXX02_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LT42010331991194XXX02_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LT42010331991194XXX02_B7.TIF"
GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME = "LT42010331991194XXX02_GCP.txt"
REPORT_VERIFY_FILE_NAME = "LT42010331991194XXX02_VER.txt"
BROWSE_VERIFY_FILE_NAME = "LT42010331991194XXX02_VER.jpg"
METADATA_FILE_NAME = "LT42010331991194XXX02_MTL.txt"
CPF_NAME = "L4CPF19910701_19910930.08"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 0.00
IMAGE_QUALITY = 7
SUN_AZIMUTH = 111.93234551
SUN_ELEVATION = 57.38406945
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 99
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 4.563
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 3.347
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 3.102
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 1500
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 0.249
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UL = 0.258
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UR = 0.227
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LL = 0.282
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LR = 0.236
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 171.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -1.520
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 336.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -2.840
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 254.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -1.170
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 221.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -1.510
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 31.400
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.370
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 15.303
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = 1.238
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 16.600
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.150
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
```



```
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_1 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_2 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_3 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_4 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_5 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_7 = "INTERNAL_CALIBRATION"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 0.679
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.334
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.005
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 0.876
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 0.125
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 0.055
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 0.066
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -2.19921
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -4.17402
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -2.17461
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -2.38602
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -0.49508
RADIANCE_ADD_BAND_6 = 1.18243
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.21594
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 30
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
MAP_PROJECTION_LORA = "NA"
```



```
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS  
END_GROUP = L1_METADATA_FILE  
END
```

- **Imagen 1991 pasada 34**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE  
GROUP = METADATA_FILE_INFO  
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"  
  REQUEST_ID = "0101406043861_00015"  
  LANDSAT_SCENE_ID = "LT42010341991194XXX03"  
  FILE_DATE = 2014-06-04T21:18:11Z  
  STATION_ID = "XXX"  
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_12.4.1"  
  DATA_CATEGORY = "NOMINAL"  
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO  
GROUP = PRODUCT_METADATA  
  DATA_TYPE = "L1T"  
  DATA_TYPE_LORP = "TMR_LORP"  
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"  
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"  
  EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"  
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_4"  
  SENSOR_ID = "TM"  
  SENSOR_MODE = "SAM"  
  WRS_PATH = 201  
  WRS_ROW = 034  
  DATE_ACQUIRED = 1991-07-13  
  SCENE_CENTER_TIME = 10:13:12.6730310Z  
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 38.43394  
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = -6.19518  
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 38.47661  
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = -3.46316  
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 36.49533  
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = -6.11364  
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 36.53513  
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = -3.45132  
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 221100.000  
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4258800.000  
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 459600.000  
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4258800.000  
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 221100.000  
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4043400.000  
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 459600.000  
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4043400.000  
  REFLECTIVE_LINES = 7181  
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7951  
  THERMAL_LINES = 7181  
  THERMAL_SAMPLES = 7951  
  FILE_NAME_BAND_1 = "LT42010341991194XXX03_B1.TIF"  
  FILE_NAME_BAND_2 = "LT42010341991194XXX03_B2.TIF"
```



```
FILE_NAME_BAND_3 = "LT42010341991194XXX03_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 = "LT42010341991194XXX03_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 = "LT42010341991194XXX03_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LT42010341991194XXX03_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LT42010341991194XXX03_B7.TIF"
GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME = "LT42010341991194XXX03_GCP.txt"
REPORT_VERIFY_FILE_NAME = "LT42010341991194XXX03_VER.txt"
BROWSE_VERIFY_FILE_NAME = "LT42010341991194XXX03_VER.jpg"
METADATA_FILE_NAME = "LT42010341991194XXX03_MTL.txt"
CPF_NAME = "L4CPF19910701_19910930.08"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 0.00
IMAGE_QUALITY = 9
SUN_AZIMUTH = 109.50552812
SUN_ELEVATION = 57.64588604
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 193
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 5.338
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 4.247
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 3.233
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 1892
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 0.288
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UL = 0.308
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UR = 0.300
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LL = 0.302
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LR = 0.252
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 171.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -1.520
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 336.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -2.840
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 254.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -1.170
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 221.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -1.510
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 31.400
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.370
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 15.303
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = 1.238
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 16.600
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.150
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
```




```
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_1 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_2 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_3 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_4 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_5 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_BIAS_BAND_7 = "INTERNAL_CALIBRATION"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 0.679
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.334
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.005
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 0.876
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 0.125
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 0.055
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 0.066
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -2.19921
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -4.17402
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -2.17461
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -2.38602
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -0.49508
RADIANCE_ADD_BAND_6 = 1.18243
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.21594
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 30
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
```



```
MAP_PROJECTION_LORA = "NA"  
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS  
END_GROUP = L1_METADATA_FILE  
END
```

- **Imagen 2013 pasada 33**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE  
GROUP = METADATA_FILE_INFO  
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"  
  REQUEST_ID = "0601505126535_00005"  
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC82010332013182LGN00"  
  FILE_DATE = 2015-05-12T11:31:44Z  
  STATION_ID = "LGN"  
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.5.0"  
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO  
GROUP = PRODUCT_METADATA  
  DATA_TYPE = "L1T"  
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"  
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"  
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"  
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"  
  WRS_PATH = 201  
  WRS_ROW = 33  
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"  
  TARGET_WRS_PATH = 201  
  TARGET_WRS_ROW = 33  
  DATE_ACQUIRED = 2013-07-01  
  SCENE_CENTER_TIME = "10:57:57.0265896Z"  
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 39.95058  
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = -5.63618  
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 39.98052  
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = -2.89694  
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 37.80624  
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = -5.55807  
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 37.83398  
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = -2.89999  
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 274800.000  
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4425600.000  
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 508800.000  
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4425600.000  
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 274800.000  
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4187400.000  
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 508800.000  
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4187400.000  
  PANCHROMATIC_LINES = 15881  
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15601  
  REFLECTIVE_LINES = 7941  
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7801  
  THERMAL_LINES = 7941  
  THERMAL_SAMPLES = 7801
```



```
FILE_NAME_BAND_1 = "LC82010332013182LGN00_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 = "LC82010332013182LGN00_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 = "LC82010332013182LGN00_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 = "LC82010332013182LGN00_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 = "LC82010332013182LGN00_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LC82010332013182LGN00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LC82010332013182LGN00_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 = "LC82010332013182LGN00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LC82010332013182LGN00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 = "LC82010332013182LGN00_B10.TIF"
FILE_NAME_BAND_11 = "LC82010332013182LGN00_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LC82010332013182LGN00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME = "LC82010332013182LGN00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20130701104812_20130701111201.02"
BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20130701104418_20130701111254.02"
CPF_NAME = "L8CPF20130701_20130919.05"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20150302v10.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 0.02
CLOUD_COVER_LAND = 0.02
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 125.51254473
SUN_ELEVATION = 66.42107250
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0166595
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 310
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 6.737
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 4.699
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 4.827
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 65
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 4.219
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 735.35712
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -60.72603
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 753.01465
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.18420
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 693.89661
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.30220
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 585.13269
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.32045
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 358.07202
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.56970
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.04926
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.35372
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.01437
```



```
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.47860
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 662.20917
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -54.68545
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 139.94267
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.55651
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
```



```
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2148E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2439E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1463E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6660E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9151E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4710E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9582E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.0939E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3118E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.73818
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.19664
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.31367
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.33011
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.57562
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.35519
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.47909
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -54.69639
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.55882
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
```



```
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 30
  GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
  GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
  GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
  ORIENTATION = "NORTH_UP"
  RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

- **Imagen 2013 pasada 34**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0601501309644_00001"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC82010342013182LGN00"
  FILE_DATE = 2015-01-30T09:41:29Z
  STATION_ID = "LGN"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.4.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 201
  WRS_ROW = 34
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 201
  TARGET_WRS_ROW = 34
  DATE_ACQUIRED = 2013-07-01
  SCENE_CENTER_TIME = 10:58:20.9151713Z
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 38.51626
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = -6.04745
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 38.55537
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = -3.36382
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 36.36944
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = -5.96152
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 36.40565
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = -3.35354
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 234300.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4267500.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 468300.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4267500.000
```



CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 234300.000
CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4029000.000
CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 468300.000
CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 4029000.000
PANCHROMATIC_LINES = 15901
PANCHROMATIC_SAMPLES = 15601
REFLECTIVE_LINES = 7951
REFLECTIVE_SAMPLES = 7801
THERMAL_LINES = 7951
THERMAL_SAMPLES = 7801
FILE_NAME_BAND_1 = "LC82010342013182LGN00_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 = "LC82010342013182LGN00_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 = "LC82010342013182LGN00_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 = "LC82010342013182LGN00_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 = "LC82010342013182LGN00_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 = "LC82010342013182LGN00_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 = "LC82010342013182LGN00_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 = "LC82010342013182LGN00_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 = "LC82010342013182LGN00_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 = "LC82010342013182LGN00_B10.TIF"
FILE_NAME_BAND_11 = "LC82010342013182LGN00_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LC82010342013182LGN00_BQA.TIF"
METADATA_FILE_NAME = "LC82010342013182LGN00_MTL.txt"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20130701104812_20130701111201.02"
BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20130701104418_20130701111254.02"
CPF_NAME = "L8CPF20130701_20130919.05"
RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20431231v09.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 0.64
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 122.21026740
SUN_ELEVATION = 66.99791929
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0166595
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 479
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.943
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 6.445
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 4.643
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 149
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 4.082
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 735.35712
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -60.72603
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 753.01465
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.18420
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 693.89661



```
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.30220
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 585.13269
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.32045
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 358.07202
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.56970
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.04926
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.35372
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.01437
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.47860
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 662.20917
RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -54.68545
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 139.94266
RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.55651
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
```



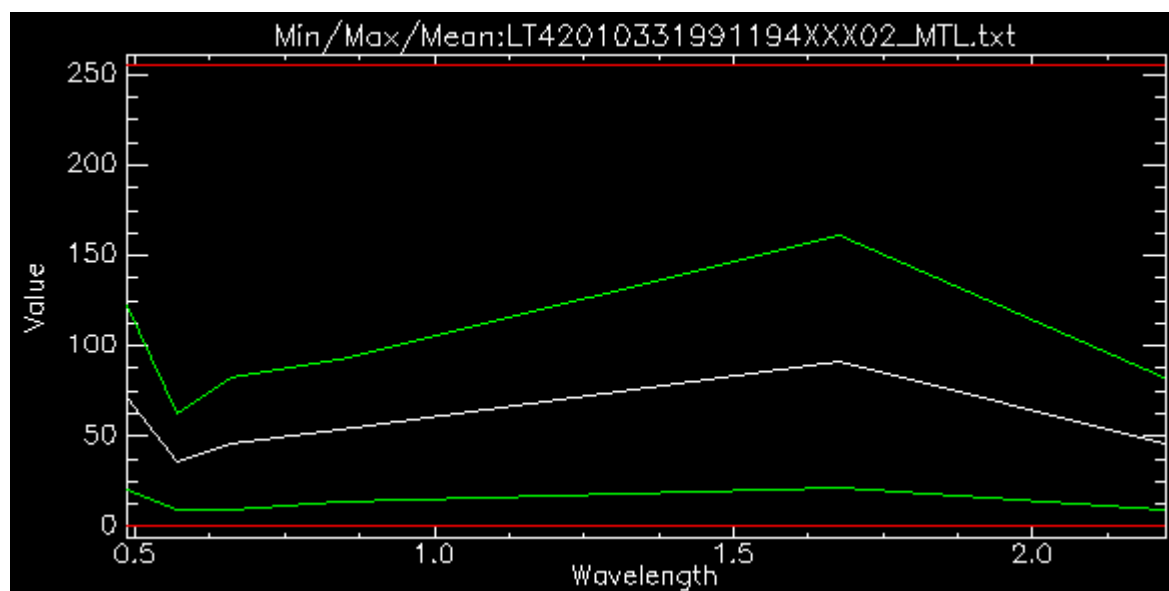

```
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2148E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2439E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1463E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6660E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9151E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4710E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9582E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.0939E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3118E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.73818
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.19664
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.31367
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.33011
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.57562
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.35519
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.47909
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -54.69639
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.55882
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
```



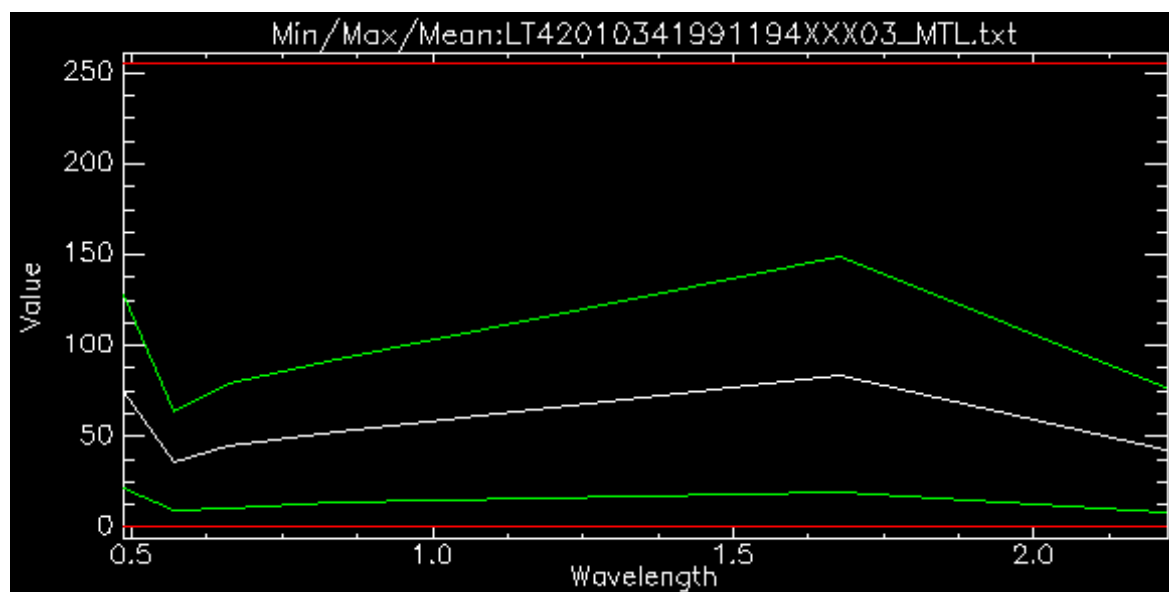
```
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 30
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

ANEJO II HISTOGRAMAS DE LAS IMÁGENES BRUTAS

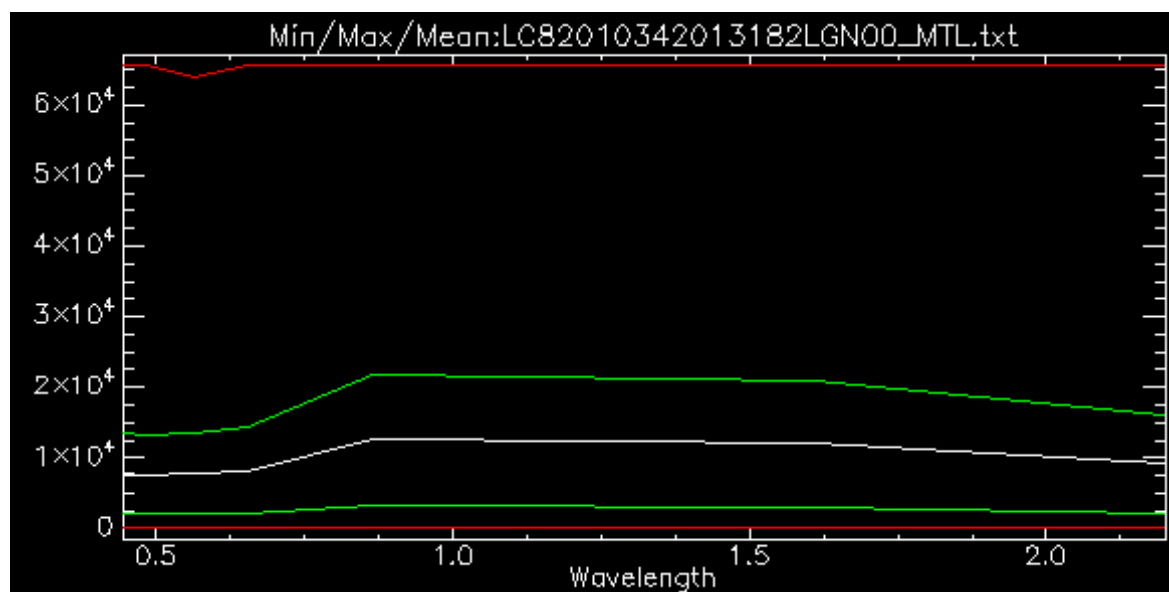
- **Histograma imagen 1991 pasada 33**



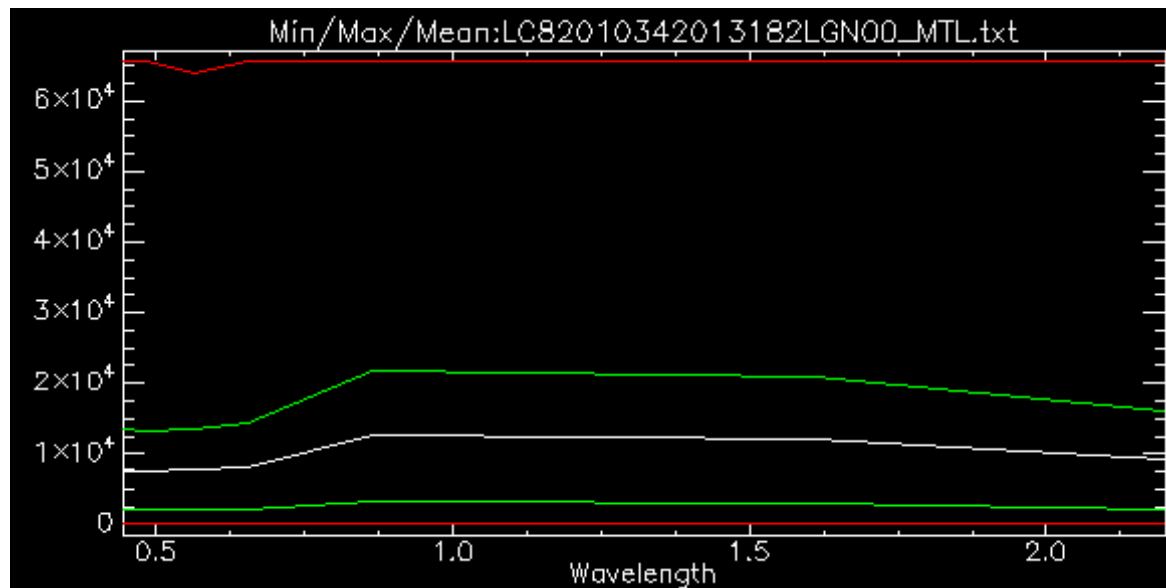
- **Histograma imagen 1991 pasada 34**



- **Histograma imagen 2013 pasada 33**

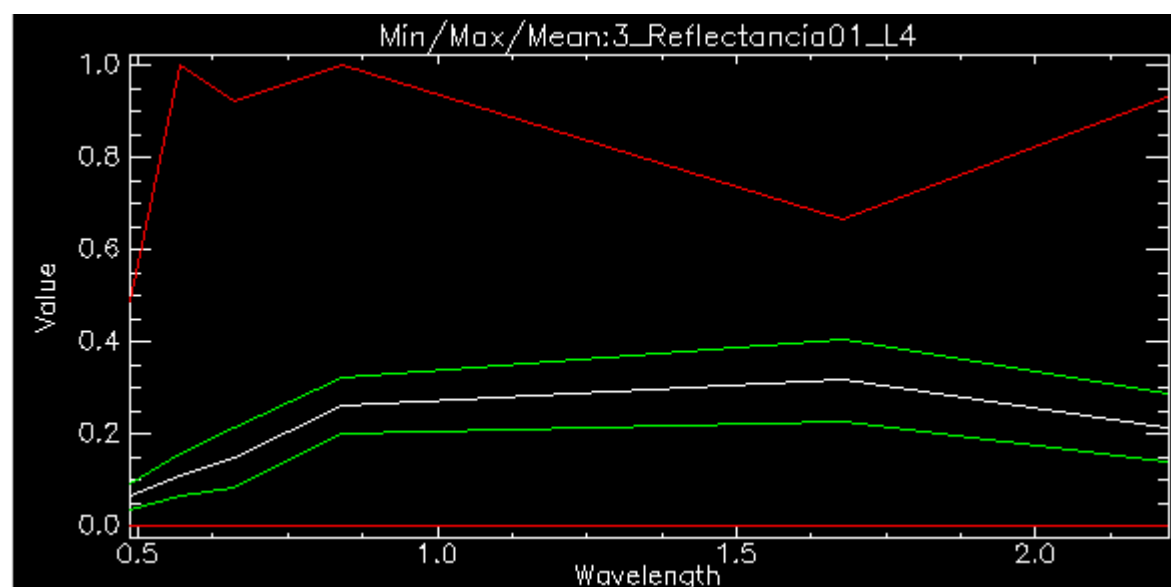


- **Histograma imagen 2013 pasada 34**



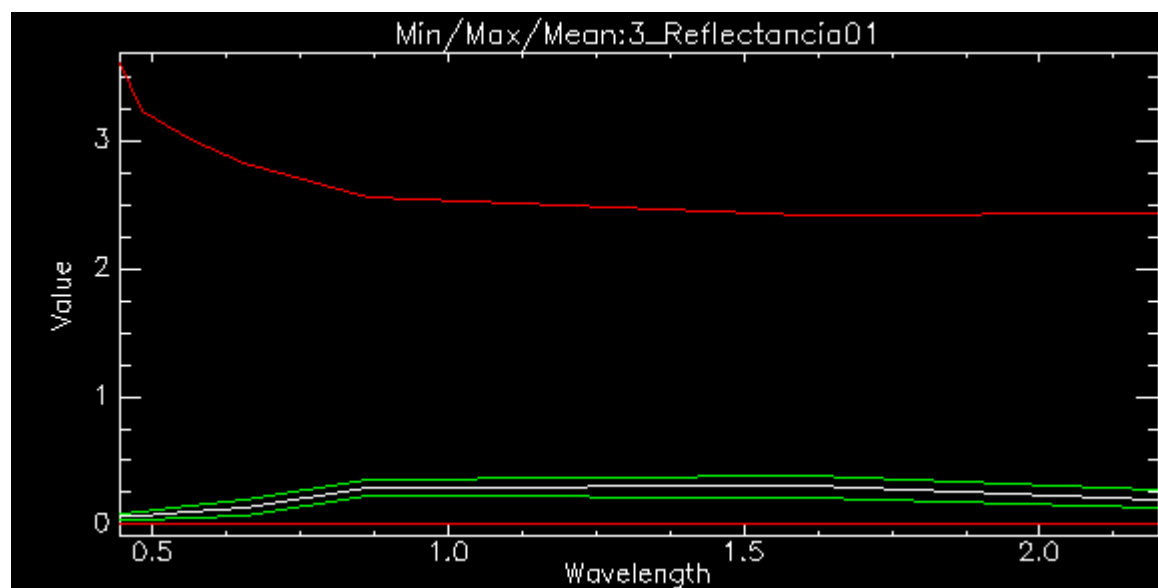
ANEJO III DATOS TRAS LA CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

- Imagen 1991



Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev	Num	Eigenvalue
Band 1	0.000000	0.490500	0.065555	0.029246	1	0.021437
Band 2	0.000000	1.000000	0.112328	0.044625	2	0.001694
Band 3	0.000000	0.925200	0.149117	0.064077	3	0.000689
Band 4	0.000000	1.000000	0.262455	0.060851	4	0.000217
Band 5	0.000000	0.667200	0.317213	0.090344	5	0.000086
Band 6	0.000000	0.935200	0.215832	0.072960	6	0.000017
Covariance	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	0.000855	0.001271	0.001766	0.001402	0.002151	0.001734
Band 2	0.001271	0.001991	0.002804	0.002276	0.003412	0.002744
Band 3	0.001766	0.002804	0.004106	0.003278	0.005107	0.004080
Band 4	0.001402	0.002276	0.003278	0.003703	0.004176	0.003045
Band 5	0.002151	0.003412	0.005107	0.004176	0.008162	0.006296
Band 6	0.001734	0.002744	0.004080	0.003045	0.006296	0.005323
Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	1.000000	0.974142	0.942376	0.787781	0.813914	0.812533
Band 2	0.974142	1.000000	0.980478	0.838265	0.846264	0.842889
Band 3	0.942376	0.980478	1.000000	0.840675	0.882214	0.872782
Band 4	0.787781	0.838265	0.840675	1.000000	0.759550	0.685773
Band 5	0.813914	0.846264	0.882214	0.759550	1.000000	0.955126
Band 6	0.812533	0.842889	0.872782	0.685773	0.955126	1.000000
Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	0.180358	0.285821	0.419819	0.351440	0.600123	0.475259
Band 2	-0.144625	-0.241946	-0.264976	-0.698903	0.391979	0.456312
Band 3	0.325521	0.418916	0.489328	-0.552442	-0.402514	0.109065
Band 4	-0.108347	-0.075521	-0.173792	0.283282	-0.546774	0.743731
Band 5	-0.688180	-0.321192	0.646634	-0.034998	-0.060611	-0.014463
Band 6	0.596036	-0.758558	0.256435	0.036868	-0.039298	0.025842

- **Imagen 2013**



Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev	Num	Eigenvalue
Band 1	0.000000	3.601200	0.062610	0.028700	1	0.020467
Band 2	0.000000	3.231900	0.065325	0.033176	2	0.002016
Band 3	0.000000	3.016300	0.104323	0.045219	3	0.001360
Band 4	0.000000	2.820800	0.137719	0.063760	4	0.000230
Band 5	0.000000	2.556100	0.292530	0.064211	5	0.000178
Band 6	0.000000	2.419200	0.301278	0.085723	6	0.000014
Band 7	0.000000	2.446000	0.197018	0.069017	7	0.000003

Covariance	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
Band 1	0.000824	0.000938	0.001231	0.001558	0.001124	0.001622	0.001471
Band 2	0.000938	0.001101	0.001470	0.001929	0.001419	0.002083	0.001795
Band 3	0.001231	0.001470	0.002045	0.002763	0.002117	0.003030	0.002585
Band 4	0.001558	0.001929	0.002763	0.004065	0.002909	0.004780	0.003953
Band 5	0.001124	0.001419	0.002117	0.002909	0.004123	0.003764	0.002721
Band 6	0.001622	0.002083	0.003030	0.004780	0.003764	0.007348	0.005612
Band 7	0.001471	0.001795	0.002585	0.003953	0.002721	0.005612	0.004763

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
Band 1	1.000000	0.985572	0.948694	0.851486	0.609880	0.659256	0.742443
Band 2	0.985572	1.000000	0.980066	0.911906	0.666070	0.732518	0.784012
Band 3	0.948694	0.980066	1.000000	0.958207	0.728949	0.781596	0.828366
Band 4	0.851486	0.911906	0.958207	1.000000	0.710603	0.874562	0.898315
Band 5	0.609880	0.666070	0.728949	0.710603	1.000000	0.683730	0.613967
Band 6	0.659256	0.732518	0.781596	0.874562	0.683730	1.000000	0.948536
Band 7	0.742443	0.784012	0.828366	0.898315	0.613967	0.948536	1.000000

Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
Band 1	0.163787	0.202759	0.290627	0.428656	0.351409	0.573352	0.460035
Band 2	0.094061	0.107592	0.161712	0.024204	0.821959	-0.361983	-0.382351
Band 3	0.385337	0.386158	0.430347	0.365426	-0.408091	-0.465103	-0.028364
Band 4	0.308223	0.094791	-0.019967	-0.576083	0.148473	-0.308069	0.668425
Band 5	0.407427	0.400665	0.089831	-0.497005	-0.094837	0.472370	-0.431577
Band 6	-0.397989	-0.232787	0.826672	-0.314450	-0.056459	0.044177	0.003118
Band 7	-0.629641	0.757949	-0.111048	-0.066086	0.011454	-0.062642	0.091164



ANEJO IV DATOS GEORREFERENCIACIÓN

- Datos georreferenciación imagen 1991

RMS total = 0,577061

Punto	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
1	921,67	691,44	1413,53	747,71	1413,98	747,56	0,45	-0,15	0,47
2	1995,33	807,72	2487,56	863,56	2487,92	864,3	0,36	0,74	0,82
3	2241	471	2733	528	2733,64	527,73	0,64	-0,27	0,7
4	3177	1102	3671,13	1160	3669,9	1159,02	-1,23	-0,98	1,57
5	3481	1765	3974,06	1821,94	3973,97	1821,98	-0,09	0,04	0,1
6	2118,89	1932,11	2611,88	1988,13	2611,55	1988,6	-0,33	0,47	0,57
7	4734,5	522	5228,14	580,14	5227,81	579,86	-0,33	-0,28	0,44
8	3605	11,71	4096,86	68,71	4098,01	69,18	1,15	0,47	1,24
9	760,86	40,71	1253,14	96,86	1253,07	96,76	-0,07	-0,1	0,12
10	4280,57	2562	4774	2619,14	4773,7	2619,01	-0,3	-0,13	0,33
11	4001	1591	4494	1647,86	4494,09	1648,21	0,09	0,35	0,37
12	3141,71	2802,43	3635,29	2858,57	3634,61	2859,07	-0,68	0,5	0,85
13	722	3049,14	1215	3105,43	1214,44	3105,17	-0,56	-0,26	0,62
14	2328,57	3560,71	2821	3617	2821,33	3617,04	0,33	0,04	0,33
15	1276,29	4206	1768,57	4262,14	1768,9	4262,1	0,33	-0,04	0,34
16	4748,71	4023,71	5241,29	4080,29	5241,88	4080,33	0,59	0,04	0,59
17	3618	3639,86	4110,86	3697	4110,98	3696,41	0,12	-0,59	0,6
18	966	3642,71	1458	3698,86	1458,52	3698,78	0,52	-0,08	0,53
19	622,71	4133,86	1114,86	4189,71	1115,21	4189,87	0,35	0,16	0,39
20	2361,86	4285,14	2854,86	4341,14	2854,65	4341,37	-0,21	0,23	0,31
21	2043,71	2929,86	2536,29	2986,29	2536,39	2986,21	0,1	-0,08	0,13
22	325,86	3839,86	818,14	3896	818,29	3895,82	0,15	-0,18	0,23
23	1286,14	2301,29	1780,14	2357,43	1778,64	2357,49	-1,5	0,06	1,5
24	2537	1454,86	3029,86	1512	3029,74	1511,57	-0,12	-0,43	0,45
25	2740	2392,43	3232,57	2448,57	3232,81	2449,04	0,24	0,47	0,53



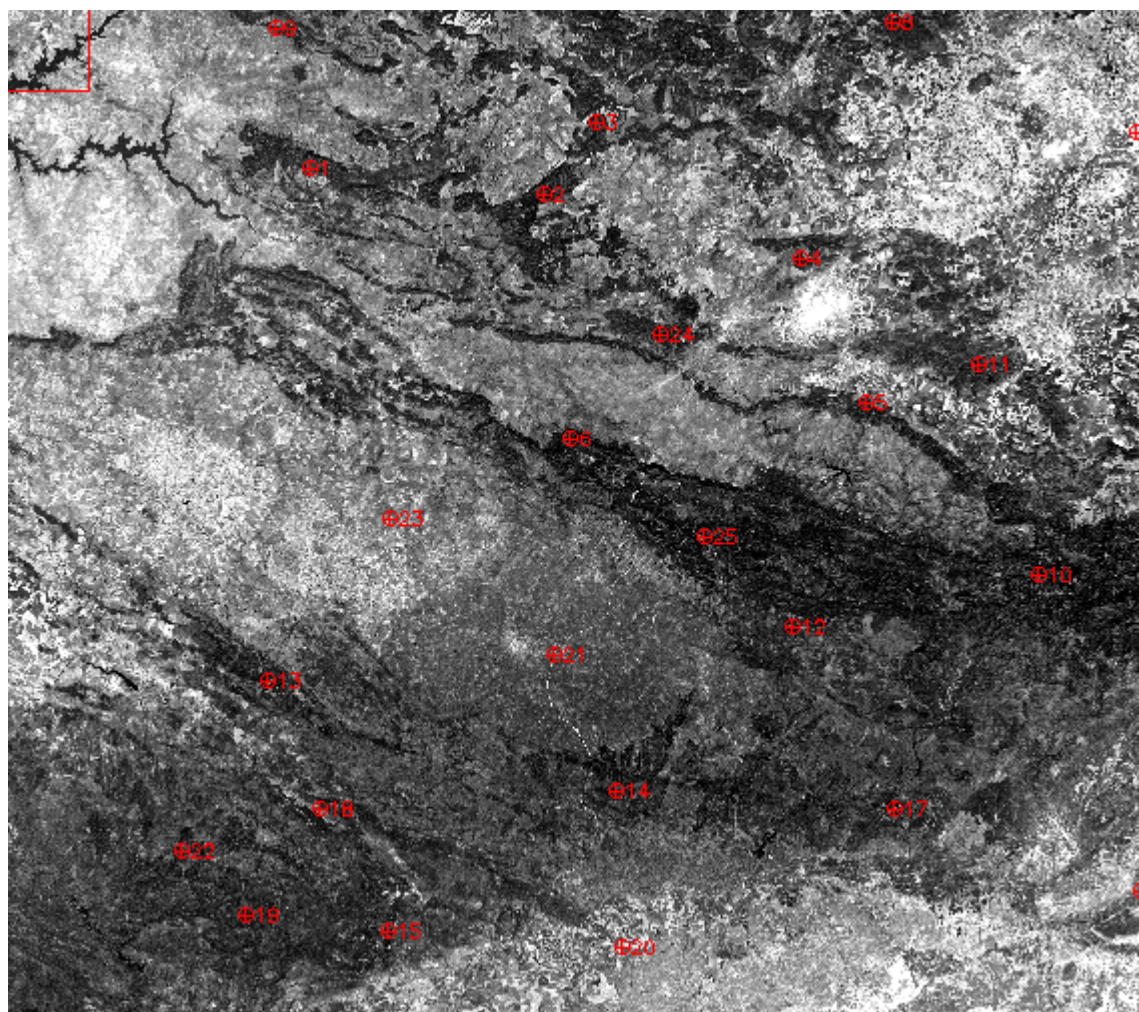
- **Datos georreferenciación imagen 2013**

RMS total = 0,436805

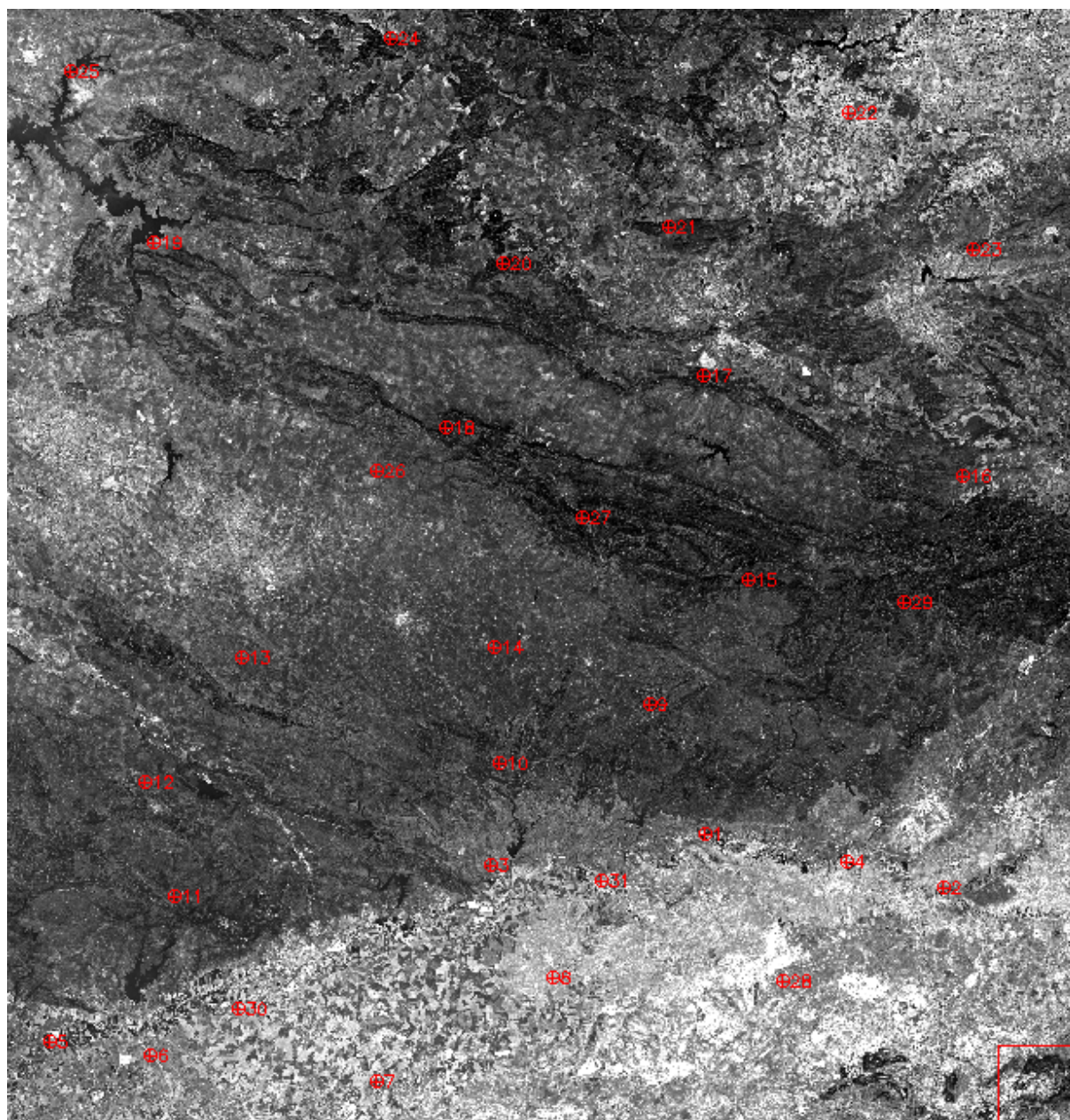
Punto	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
1	401008,57	4212370,35	3307,5	3903,5	3307,69	3903,54	0,19	0,04	0,19
2	434782,95	4204854,21	4433	4154	4433,39	4154,14	0,39	0,14	0,42
3	370551,2	4208035,31	2292,17	4047,67	2292,53	4047,97	0,36	0,3	0,46
4	420947,52	4208456,71	3972,5	4034,17	3972,26	4034,03	-0,24	-0,14	0,28
5	308125,46	4183076,46	212	4880,33	211,95	4879,8	-0,05	-0,53	0,53
6	322354,28	4181173,88	685,5	4943,17	686,19	4943,24	0,69	0,07	0,7
7	354307,14	4177528,46	1751,33	5064,67	1751,16	5064,81	-0,17	0,14	0,22
8	379257,65	4192133,98	2583,33	4577,83	2582,73	4578,01	-0,6	0,18	0,63
9	392995,33	4230739,91	3040,5	3291	3040,6	3291,22	0,1	0,22	0,24
10	371623,48	4222667,06	2328	3561	2328,25	3560,25	0,25	-0,75	0,79
11	325663,53	4203560,19	796	4196,5	796,41	4197,04	0,41	0,54	0,68
12	321457,83	4219756,56	656,5	3657,17	656,18	3657,15	-0,32	-0,02	0,32
13	335335,58	4237364,07	1118,83	3070,33	1118,69	3070,27	-0,14	-0,06	0,15
14	371104,92	4239042,84	2311,33	3014,67	2310,95	3014,41	-0,38	-0,26	0,46
15	406997,65	4248479,44	3506,67	2699,83	3507,33	2699,97	0,66	0,14	0,67
16	437436,85	4263182,72	4521,83	2210,33	4521,97	2209,97	0,14	-0,36	0,38
17	400685,81	4277332,86	3297	1738,17	3296,95	1738,2	-0,05	0,03	0,06
18	364077,24	4269952,02	2076,83	1984,33	2076,66	1984,1	-0,17	-0,23	0,29
19	322753,93	4296178,66	699,5	1109,83	699,12	1109,74	-0,38	-0,09	0,39
20	372198,74	4293412,93	2347,33	1202,33	2347,35	1202,12	0,02	-0,21	0,21
21	395797,12	4298571,11	3133,67	1030,5	3133,99	1030,27	0,32	-0,23	0,39
22	421239,36	4314704,9	3981,83	492,33	3982,12	492,6	0,29	0,27	0,4
23	438911,54	4295396,87	4571,83	1136	4571,19	1136,24	-0,64	0,24	0,68
24	356365,07	4325056,14	1819,33	147,33	1819,49	147,3	0,16	-0,03	0,16
25	310889,7	4320561,35	303,33	296,83	303,53	296,94	0,2	0,11	0,23
26	354242,32	4263847,76	1749	2187,17	1748,84	2187,54	-0,16	0,37	0,41
27	383581,81	4257368,13	2726,83	2403,17	2726,82	2403,62	-0,01	0,45	0,45
28	411938,43	4191612,89	3672	4595,33	3671,97	4595,45	-0,03	0,12	0,12
29	428970,45	4245299,09	4240,17	2806,33	4239,73	2806,04	-0,44	-0,29	0,53
30	334696,17	4187633,38	1098	4727,83	1097,52	4727,95	-0,48	0,12	0,49
31	386074,11	4205813,47	2809,83	4122,33	2809,91	4122,06	0,08	-0,27	0,28

ANEJO V PUNTOS DE CONTROL GEORREFERENCIACIÓN

- PUNTOS DE CONTROL GEORREFERENCIACIÓN IMAGEN 1991



- PUNTOS DE CONTROL GEORREFERENCIACIÓN IMAGEN 2013





ANEJO VI DATOS ORTORRECTIFICACIÓN

- Datos ortorrectificación imagen 1991

Total RMS Error: 0,649821

Punto	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
1	357776,77	4271845,23	2423,25	2023,75	2423,22	2023,78	-0,03	0,03	0,05
2	350667,12	4308032,4	2162,75	821	2162,49	820,97	-0,26	-0,03	0,26
3	383972,41	4257705,82	3304,5	2482	3304,79	2481,63	0,29	-0,37	0,47
4	383966,45	4257711,18	3304,5	2482	3304,59	2481,46	0,09	-0,54	0,55
5	419986,13	4252727,04	4507	2628	4506,38	2628,95	-0,62	0,95	1,14
6	344706,66	4192566,88	2039	4673,25	2040,06	4673,72	1,06	0,47	1,16
7	368464,7	4201398,5	2819,25	4366,75	2818,64	4366,8	-0,61	0,05	0,61
8	387038,7	4205170,58	3430	4231,75	3430,32	4231,32	0,32	-0,43	0,54
9	405417,79	4206296,81	4037	4184,5	4037,22	4184,14	0,22	-0,36	0,42
10	428469,89	4208631,82	4799,25	4094,75	4798,55	4094,24	-0,7	-0,51	0,87
11	440133,32	4203752,59	5184,25	4250,25	5184,91	4250,75	0,66	0,5	0,83
12	361232,57	4225559,84	2566,75	3564,75	2565,7	3565,09	-1,05	0,34	1,1
13	390423,94	4220374,83	3535,75	3722,25	3535,7	3722,71	-0,05	0,46	0,47
14	419981,89	4236739,29	4510	3162,25	4510,47	3161,84	0,47	-0,41	0,63
15	384534,11	4240010,99	3331,25	3070	3331,61	3071,21	0,36	1,21	1,26
16	388564,58	4283649,63	3446,25	1615,25	3446,53	1614,42	0,28	-0,83	0,88
17	370670,67	4299005,88	2839,25	1111,5	2839,46	1111,68	0,21	0,18	0,27
18	392970,25	4315059,79	3581	565	3581,05	565,12	0,05	0,12	0,13
19	327597,07	4309165,49	1386,25	795	1386,43	794,97	0,18	-0,03	0,18
20	323437,86	4238015,42	1303	3169	1302,85	3169,49	-0,15	0,49	0,51
21	325662,9	4203568,11	1403,5	4317	1403,56	4316,92	0,06	-0,08	0,1
22	292951,87	4201252,47	325,25	4411,5	325,2	4411,29	-0,05	-0,21	0,22
23	408094,63	4251457,76	4110,5	2677,75	4110,8	2677,42	0,3	-0,33	0,45
24	401138,62	4257460,84	3877,5	2480,75	3877	2480,92	-0,5	0,17	0,53
25	383701,58	4220130,45	3313	3735,25	3313,14	3734,37	0,14	-0,88	0,89
26	385708,77	4220446,66	3380,25	3723,5	3379,48	3722,78	-0,77	-0,72	1,05
27	411362,61	4225878,73	4227,75	3527,75	4227,58	3528,33	-0,17	0,58	0,6
28	331525,46	4220866,27	1584,25	3737	1584,32	3737,08	0,07	0,08	0,1
29	307158,79	4220027,34	778	3778	777,84	3777,77	-0,16	-0,23	0,28
30	363060,2	4241578,59	2616,75	3029,75	2617,09	3030,1	0,34	0,35	0,49



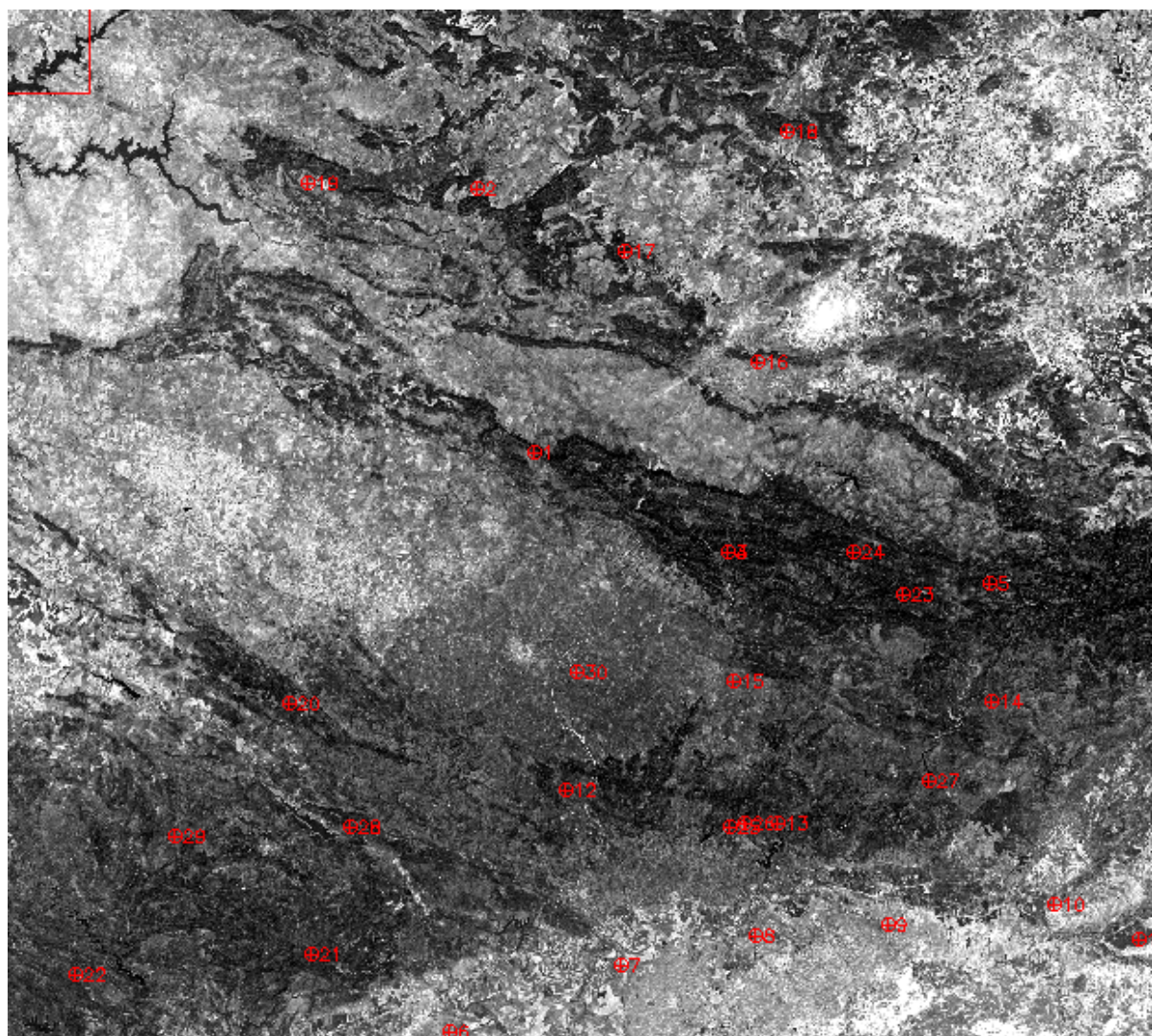
- **Datos ortorrectificación imagen 2013**

Total RMS Error: 0,522580

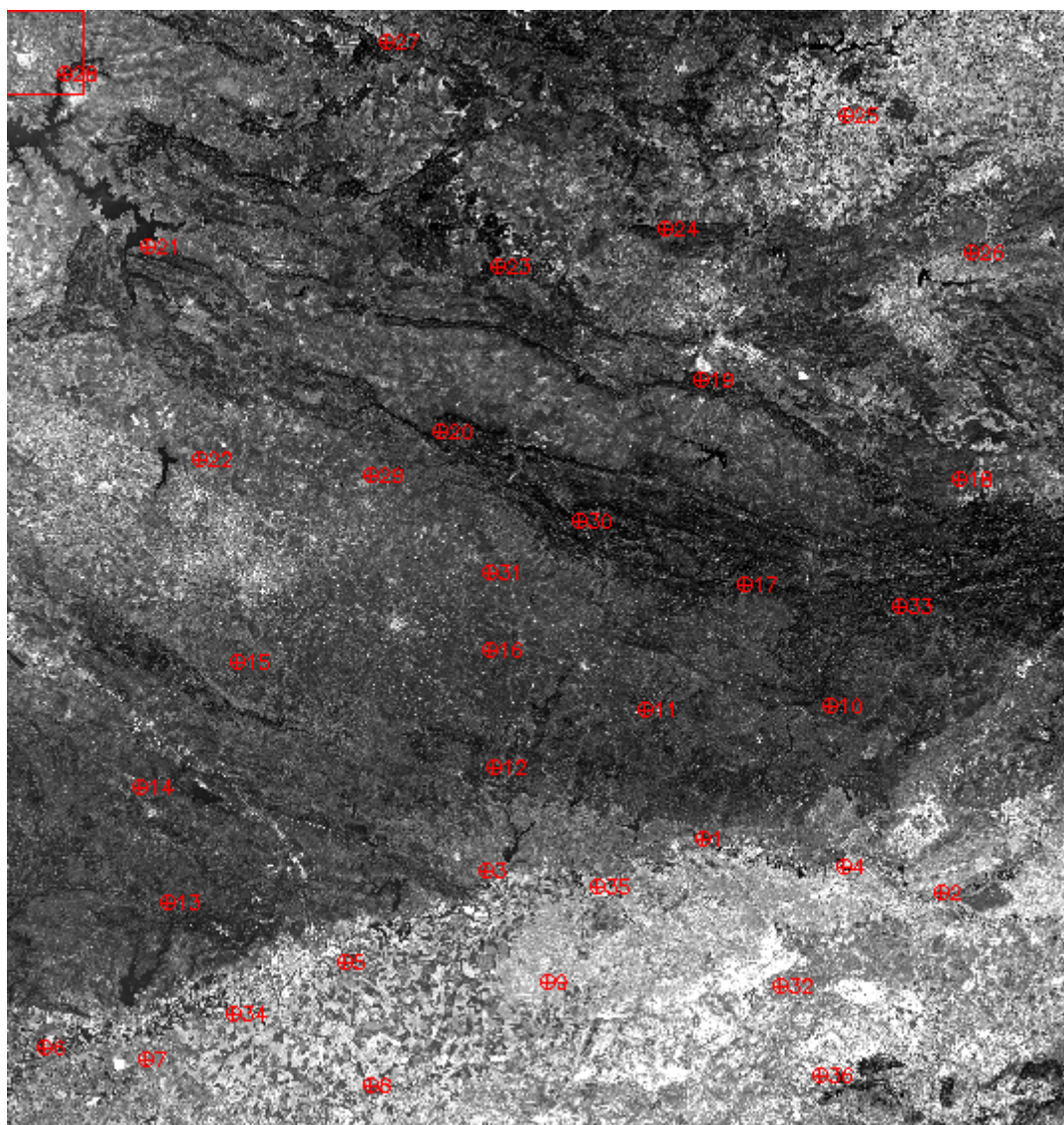
Punto	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
1	401008,57	4212370,35	3307,5	3903,5	3307,78	3903,47	0,28	-0,03	0,28
2	434782,95	4204854,21	4433	4154	4433,6	4154,01	0,6	0,01	0,6
3	370551,2	4208035,31	2292,17	4047,67	2292,54	4047,93	0,37	0,26	0,45
4	420947,52	4208456,71	3972,5	4034,17	3972,42	4033,93	-0,08	-0,24	0,25
5	350684,97	4195056,4	1629,67	4480,17	1630,36	4480,53	0,69	0,36	0,78
6	308125,46	4183076,46	212	4880,33	211,76	4879,83	-0,24	-0,5	0,55
7	322354,28	4181173,88	685,5	4943,17	686,06	4943,25	0,56	0,08	0,56
8	354307,14	4177528,46	1751,33	5064,67	1751,14	5064,77	-0,19	0,1	0,21
9	379257,65	4192133,98	2583,33	4577,83	2582,78	4577,95	-0,55	0,12	0,56
10	419006,79	4231272,77	3908	3272,5	3907,71	3273,45	-0,29	0,95	1
11	392995,33	4230739,91	3040,5	3291	3040,64	3291,18	0,14	0,18	0,23
12	371623,48	4222667,06	2328	3561	2328,25	3560,23	0,25	-0,77	0,81
13	325663,53	4203560,19	796	4196,5	796,29	4197,06	0,29	0,56	0,63
14	321457,83	4219756,56	656,5	3657,17	656,05	3657,18	-0,45	0,01	0,45
15	335335,58	4237364,07	1118,83	3070,33	1118,59	3070,3	-0,24	-0,03	0,24
16	371104,92	4239042,84	2311,33	3014,67	2310,93	3014,4	-0,4	-0,27	0,49
17	406997,65	4248479,44	3506,67	2699,83	3507,38	2699,92	0,71	0,09	0,71
18	437436,85	4263182,72	4521,83	2210,33	4522,05	2209,92	0,22	-0,41	0,47
19	400685,81	4277332,86	3297	1738,17	3296,94	1738,2	-0,06	0,03	0,07
20	364077,24	4269952,02	2076,83	1984,33	2076,6	1984,12	-0,23	-0,21	0,31
21	322753,93	4296178,66	699,5	1109,83	699	1109,82	-0,5	-0,01	0,5
22	330181,86	4265999,04	945,83	2116	946,71	2115,81	0,88	-0,19	0,9
23	372198,74	4293412,93	2347,33	1202,33	2347,28	1202,15	-0,05	-0,18	0,19
24	395797,12	4298571,11	3133,67	1030,5	3133,94	1030,29	0,27	-0,21	0,34
25	421239,36	4314704,9	3981,83	492,33	3982,06	492,62	0,23	0,29	0,37
26	438911,54	4295396,87	4571,83	1136	4571,19	1136,22	-0,64	0,22	0,67
27	356365,07	4325056,14	1819,33	147,33	1819,38	147,37	0,05	0,04	0,06
28	310889,7	4320561,35	303,33	296,83	303,4	297,04	0,07	0,21	0,22
29	354242,32	4263847,76	1749	2187,17	1748,76	2187,57	-0,24	0,4	0,46
30	383581,81	4257368,13	2726,83	2403,17	2726,8	2403,61	-0,03	0,44	0,44
31	371020,73	4250123,79	2308,17	2645,83	2308,1	2645,05	-0,07	-0,78	0,78
32	411938,43	4191612,89	3672	4595,33	3672,13	4595,34	0,13	0,01	0,13
33	428970,45	4245299,09	4240,17	2806,33	4239,83	2805,97	-0,34	-0,36	0,5
34	334696,17	4187633,38	1098	4727,83	1097,43	4727,95	-0,57	0,12	0,59
35	386074,11	4205813,47	2809,83	4122,33	2809,97	4122	0,14	-0,33	0,36
36	417568,01	4178925,52	3860,5	5018,17	3859,8	5018,22	-0,7	0,05	0,71

ANEJO VII PUNTOS DE CONTROL ORTORRECTIFICACIÓN

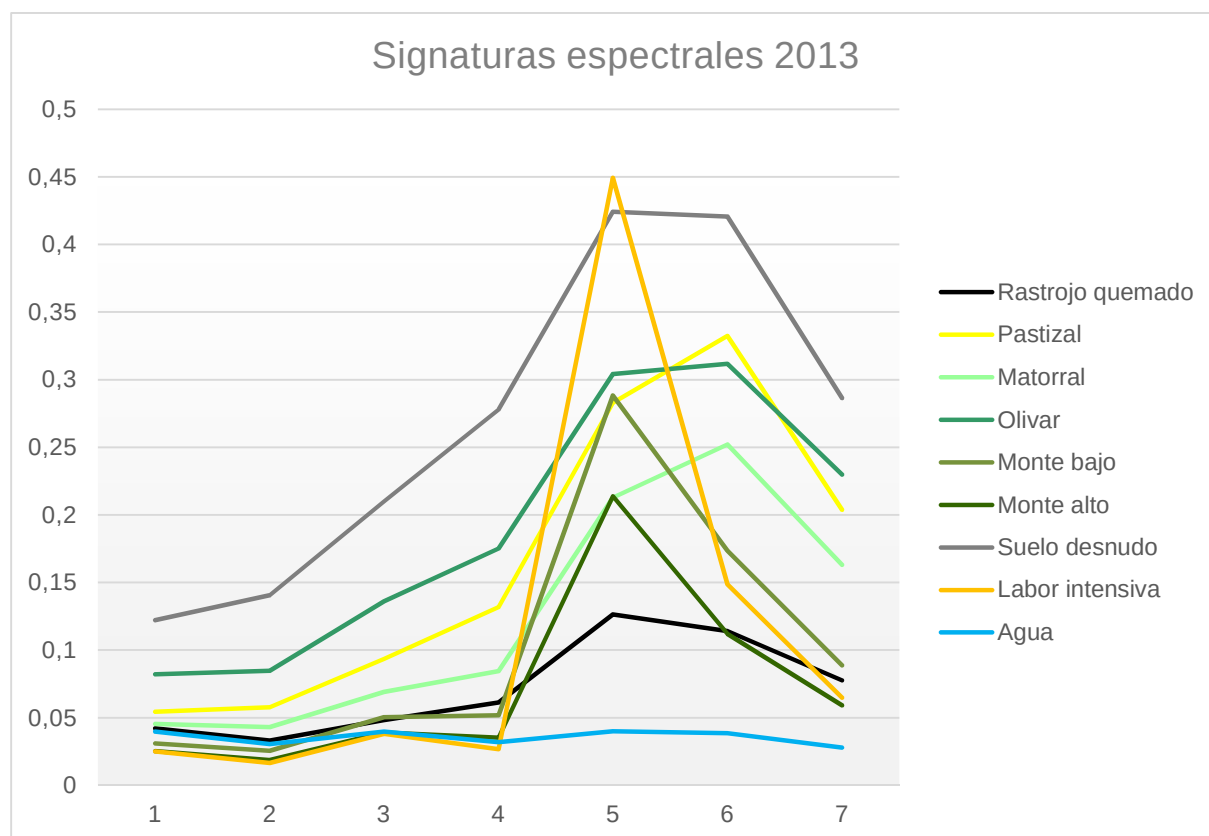
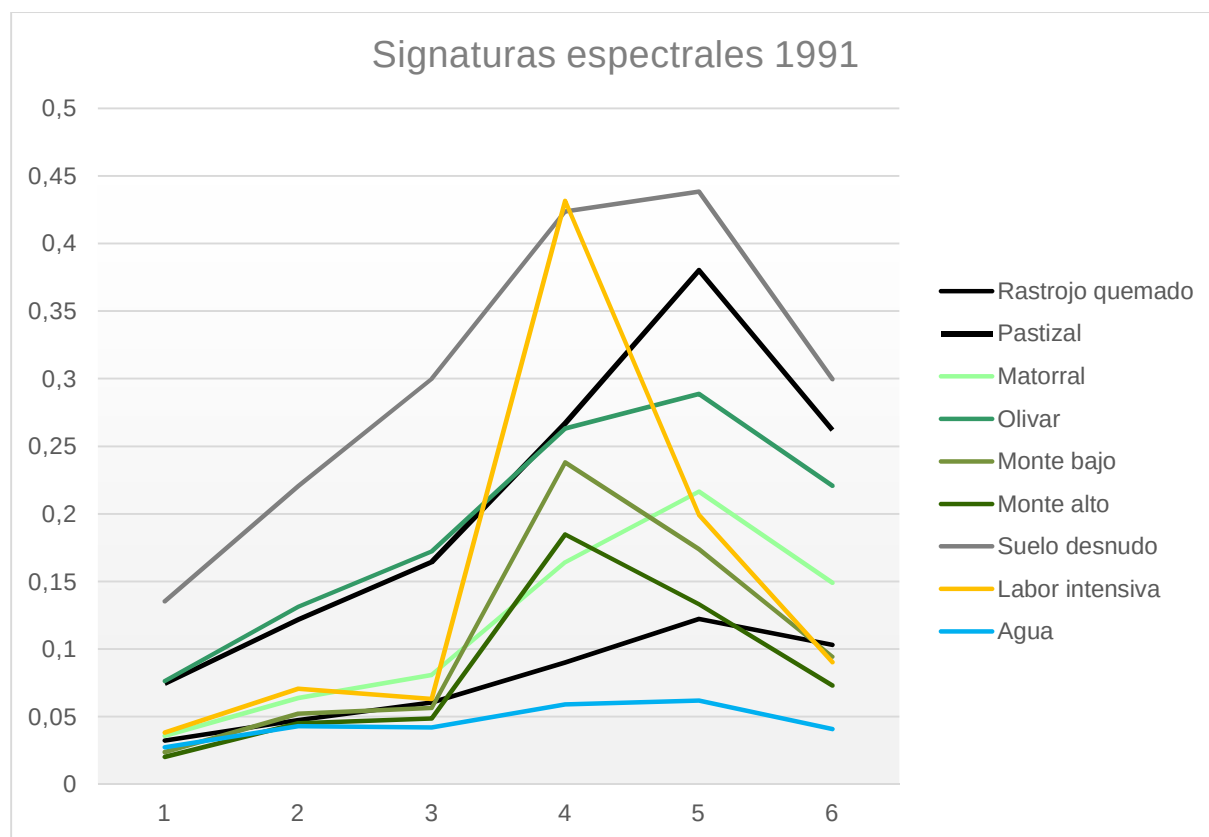
- PUNTOS DE CONTROL ORTORRECTIFICACIÓN IMAGEN 1991



- PUNTOS DE CONTROL ORTORRECTIFICACIÓN IMAGEN 2013



ANEJO VIII DIAGRAMA SIGNATURAS ESPECTRALES





ANEJO IX ANÁLISIS PREVIO DE SEPARABILIDAD

- Datos análisis previo separabilidad imagen 1991

Agua [Blue1] 133 points:

Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.99999870 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.99994672 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99945075 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99941541 1.99999994)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.96773079 1.99999949)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99993950 2.00000000)
Quemado [Black] 100 points: (1.98431061 1.99907333)

Labor_intensiva [Orange1] 114 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.99999870 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.99962686 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99091042 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99999898 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.99999134 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99999974 2.00000000)
Quemado [Black] 100 points: (2.00000000 2.00000000)

Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points:

Agua [Blue1] 133 points: (2.00000000 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (2.00000000 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99771526 1.99999977)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (2.00000000 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99957302 1.99999996)
Quemado [Black] 100 points: (2.00000000 2.00000000)

Monte_alto [Green3] 156 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.99994672 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.99962686 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.84027335 1.93026895)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99993854 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.99346973 1.99997796)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99997722 2.00000000)
Quemado [Black] 100 points: (2.00000000 2.00000000)

Monte_bajo [Chartreuse] 108 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.99945075 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.99091042 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.84027335 1.93026895)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99958741 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.99549165 1.99999489)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99966105 1.99999996)
Quemado [Black] 100 points: (1.99999082 2.00000000)



Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.99941541 1.99999994)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.9999898 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (1.99771526 1.99999977)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.99993854 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99958741 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.99931110 1.99999999)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.96121623 1.99892788)
Quemado [Black] 100 points: (1.99999763 1.99999991)

Matorral [Aquamarine] 89 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.96773079 1.99999949)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.99999134 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.99346973 1.99997796)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99549165 1.99999489)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99931110 1.99999999)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.98734789 1.99936400)
Quemado [Black] 100 points: (1.88814657 1.99999968)

Pastizal [Yellow1] 104 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.99993950 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (1.99999974 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (1.99957302 1.99999996)
Monte_alto [Green3] 156 points: (1.99997722 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99966105 1.99999996)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.96121623 1.99892788)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.98734789 1.99936400)
Quemado [Black] 100 points: (1.99994814 2.00000000)

Quemado [Black] 100 points:

Agua [Blue1] 133 points: (1.98431061 1.99907333)
Labor_intensiva [Orange1] 114 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 156 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points: (1.99999082 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points: (1.99999763 1.99999991)
Matorral [Aquamarine] 89 points: (1.88814657 1.99999968)
Pastizal [Yellow1] 104 points: (1.99994814 2.00000000)

Pair Separation (least to most);

Monte_alto [Green3] 156 points and Monte_bajo [Chartreuse] 108 points - 1.84027335
Matorral [Aquamarine] 89 points and Quemado [Black] 100 points - 1.88814657
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.96121623
Agua [Blue1] 133 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 1.96773079
Agua [Blue1] 133 points and Quemado [Black] 100 points - 1.98431061
Matorral [Aquamarine] 89 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.98734789
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Monte_bajo [Chartreuse] 108 points - 1.99091042
Monte_alto [Green3] 156 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 1.99346973
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 1.99549165
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points - 1.99771526
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 1.99931110



Agua [Blue1] 133 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points - 1.99941541
Agua [Blue1] 133 points and Monte_bajo [Chartreuse] 108 points - 1.99945075
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.99957302
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points - 1.99958741
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Monte_alto [Green3] 156 points - 1.99962686
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.99966105
Monte_alto [Green3] 156 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points - 1.99993854
Agua [Blue1] 133 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.99993950
Agua [Blue1] 133 points and Monte_alto [Green3] 156 points - 1.99994672
Pastizal [Yellow1] 104 points and Quemado [Black] 100 points - 1.99994814
Monte_alto [Green3] 156 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.99997722
Monte_bajo [Chartreuse] 108 points and Quemado [Black] 100 points - 1.99999082
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 1.99999134
Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points and Quemado [Black] 100 points - 1.99999763
Agua [Blue1] 133 points and Labor_intensiva [Orange1] 114 points - 1.99999870
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 78 points - 1.99999898
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Pastizal [Yellow1] 104 points - 1.99999974
Agua [Blue1] 133 points and Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Quemado [Black] 100 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Matorral [Aquamarine] 89 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Monte_bajo [Chartreuse] 108 points - 2.00000000
Monte_alto [Green3] 156 points and Quemado [Black] 100 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 114 points and Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Quemado [Black] 100 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 144 points and Monte_alto [Green3] 156 points - 2.00000000



- **Datos análisis previo separabilidad imagen 2013**

Agua [Blue1] 298 points:

Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (2.00000000 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99999997 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.99999978 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (2.00000000 2.00000000)
Quemado [Black] 27 points: (1.99649935 2.00000000)

Labor_intensiva [Orange1] 264 points:

Agua [Blue1] 298 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (1.99952458 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.99374019 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (2.00000000 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (2.00000000 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.99999822 2.00000000)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)

Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points:

Agua [Blue1] 298 points: (2.00000000 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.99999999 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99086787 1.99999994)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.99999995 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.99997966 2.00000000)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)

Monte_alto [Green3] 126 points:

Agua [Blue1] 298 points: (2.00000000 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (1.99952458 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.99088389 1.99912597)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99999997 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.99993848 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.99990118 2.00000000)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)

Monte_bajo [Chartreuse] 152 points:

Agua [Blue1] 298 points: (2.00000000 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (1.99374019 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (1.99999999 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (1.99088389 1.99912597)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99995834 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.99999853 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.94386484 1.99993456)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)



Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points:

Agua [Blue1] 298 points: (1.99999997 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (1.99086787 1.99999994)
Monte_alto [Green3] 126 points: (1.99999997 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.99995834 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.99997246 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.99211917 1.99999771)
Quemado [Black] 27 points: (1.99981662 2.00000000)

Matorral [Aquamarine] 163 points:

Agua [Blue1] 298 points: (1.99999978 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (1.99999995 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (1.99993848 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.99999853 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99997246 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (1.97454315 1.99812112)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)

Pastizal [Yellow1] 196 points:

Agua [Blue1] 298 points: (2.00000000 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (1.99999822 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (1.99997966 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (1.99990118 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (1.94386484 1.99993456)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99211917 1.99999771)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (1.97454315 1.99812112)
Quemado [Black] 27 points: (2.00000000 2.00000000)

Quemado [Black] 27 points:

Agua [Blue1] 298 points: (1.99649935 2.00000000)
Labor_intensiva [Orange1] 264 points: (2.00000000 2.00000000)
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_alto [Green3] 126 points: (2.00000000 2.00000000)
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points: (2.00000000 2.00000000)
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points: (1.99981662 2.00000000)
Matorral [Aquamarine] 163 points: (2.00000000 2.00000000)
Pastizal [Yellow1] 196 points: (2.00000000 2.00000000)

Pair Separation (least to most);

Monte_bajo [Chartreuse] 152 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.94386484
Matorral [Aquamarine] 163 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.97454315
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points - 1.99086787
Monte_alto [Green3] 126 points and Monte_bajo [Chartreuse] 152 points - 1.99088389
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.99211917
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Monte_bajo [Chartreuse] 152 points - 1.99374019
Agua [Blue1] 298 points and Quemado [Black] 27 points - 1.99649935
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Monte_alto [Green3] 126 points - 1.99952458
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points and Quemado [Black] 27 points - 1.99981662
Monte_alto [Green3] 126 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.99990118
Monte_alto [Green3] 126 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 1.99993848



Monte_bajo [Chartreuse] 152 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points - 1.99995834
Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 1.99997246
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.99997966
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 1.99999822
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 1.99999853
Agua [Blue1] 298 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 1.99999978
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 1.99999995
Agua [Blue1] 298 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points - 1.99999997
Monte_alto [Green3] 126 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points - 1.99999997
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Monte_bajo [Chartreuse] 152 points - 1.99999999
Agua [Blue1] 298 points and Labor_intensiva [Orange1] 264 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Matorral [Aquamarine] 163 points - 2.00000000
Pastizal [Yellow1] 196 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Olivar_tradicional [Thistle2] 161 points - 2.00000000
Agua [Blue1] 298 points and Pastizal [Yellow1] 196 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Agua [Blue1] 298 points and Monte_alto [Green3] 126 points - 2.00000000
Matorral [Aquamarine] 163 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Agua [Blue1] 298 points and Monte_bajo [Chartreuse] 152 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Monte_alto [Green3] 126 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Monte_bajo [Chartreuse] 152 points and Quemado [Black] 27 points - 2.00000000
Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points and Monte_alto [Green3] 126 points - 2.00000000
Labor_intensiva [Orange1] 264 points and Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points - 2.00000000
Agua [Blue1] 298 points and Suelo_desnudo [Sienna3] 212 points - 2.00000000



ANEJO X PROCESO DE VERIFICACIÓN (Matriz de confusión)

Resultados de la Matriz de Confusión.

- o Porcentaje de Acuerdo = (642/703) 91.3229%
- o Coeficiente Kappa = 0.9005

		Categorías Verificadas									Total	Omisión (%)
		Agua	Labor intensiva	Suelo desnudo	Monte alto	Monte bajo	Olivar	Matorral	Pastizal	Rastrojo quemado		
Categorías Clasificadas	Agua	65	0	0	0	0	0	0	0	0	65	14.47
	Labor intensiva	2	67	0	0	5	0	0	0	0	74	1.47
	Suelo desnudo	1	0	83	0	0	0	0	2	0	86	13.54
	Monte alto	1	0	0	56	2	0	0	0	0	59	3.45
	Monte bajo	0	1	0	2	97	0	0	0	0	100	11.01
	Olivar	5	0	5	0	0	113	0	10	1	134	0.88
	Matorral	1	0	0	0	0	0	72	1	0	74	8.86
	Pastizal	0	0	8	0	5	1	7	81	0	102	13.83
	Rastrojo quemado	1	0	0	0	0	0	0	0	8	9	11.11
Total		76	68	96	58	109	114	79	94	9	703	
Commisión (%)		0.00	9.46	3.49	5.08	3.00	15.67	2.70	20.59	11.11		

Errores comisión y omisión en píxeles

Categorías	Comisión (Percent)	Omisión (Percent)	Comisión (píxeles)	Omisión (píxeles)
Agua	0.00	14.47	0/65	11/76
Labor intensiva	9.46	1.47	7/74	1/68
Suelo desnudo	3.49	13.54	3/86	13/96
Monte alto	5.08	3.45	3/59	2/58
Monte bajo	3.00	11.01	3/100	12/109
Olivar	15.67	0.88	21/134	1/114
Matorral	2.70	8.86	2/74	7/79
Pastizal	20.59	13.83	21/102	13/94
Rastrojo quemado	11.11	11.11	1/9	1/9



Precisión del Productor y Usuario

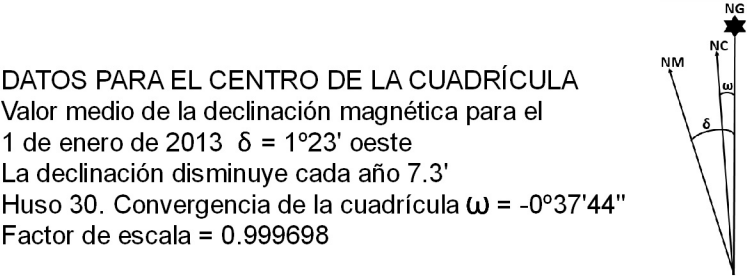
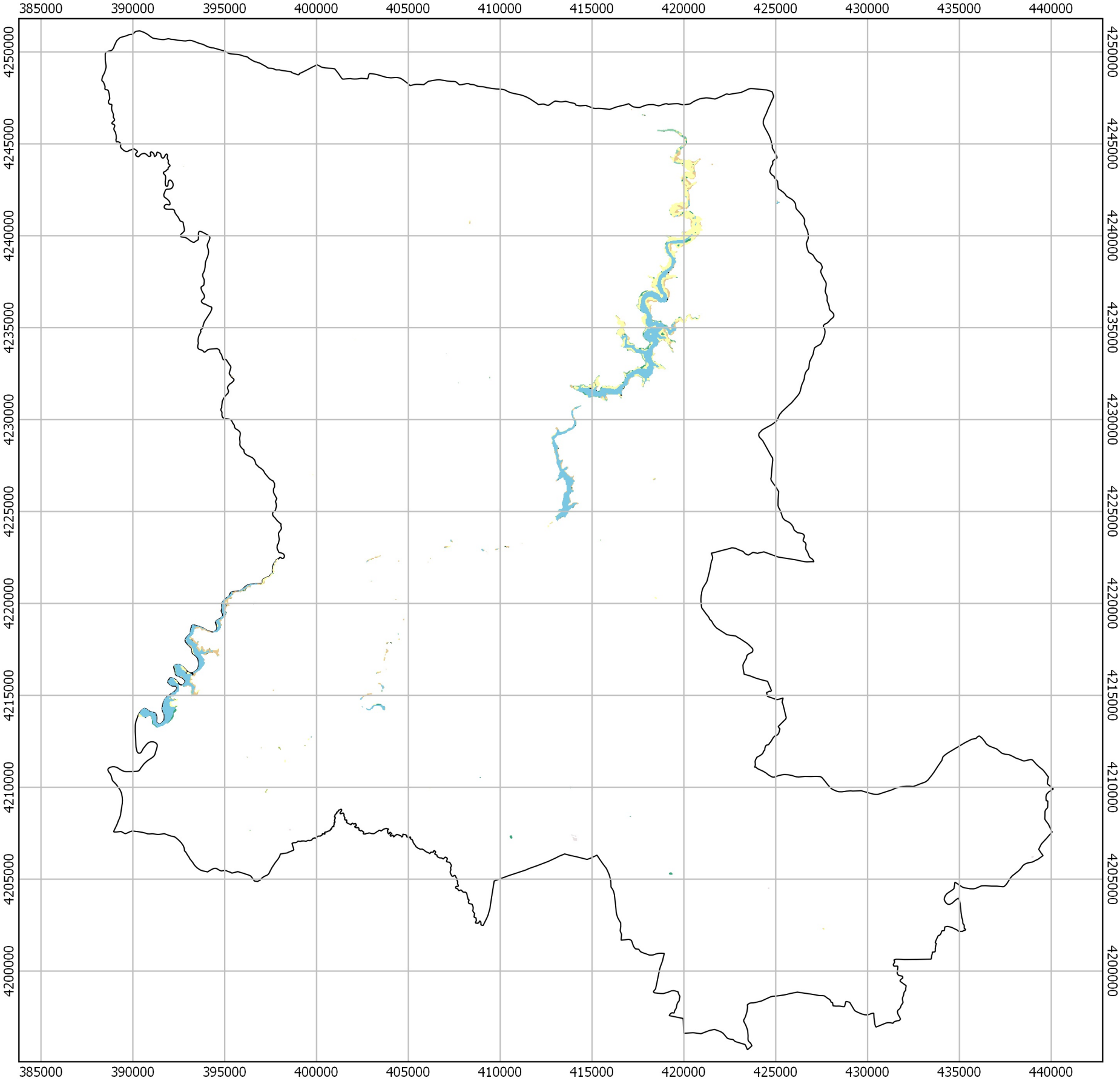
Categorías	P.Productor(%)	P.Usuario(%)	P.Productor (píxeles)	P.Usuario (píxeles)
Agua	85.53	100.00	65/76	65/65
Labor intensiva	98.53	90.54	67/68	67/74
Suelo desnudo	86.46	96.51	83/96	83/86
Monte alto	96.55	94.92	56/58	56/59
Monte bajo	88.99	97.00	97/109	97/100
Olivar	99.12	84.33	113/114	113/134
Matorral	91.14	97.30	72/79	72/74
Pastizal	86.17	79.41	81/94	81/102
Rastrojo quemado	88.89	88.89	8/9	8/9



III. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE AGUA EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de agua en 2013)



1:250.000

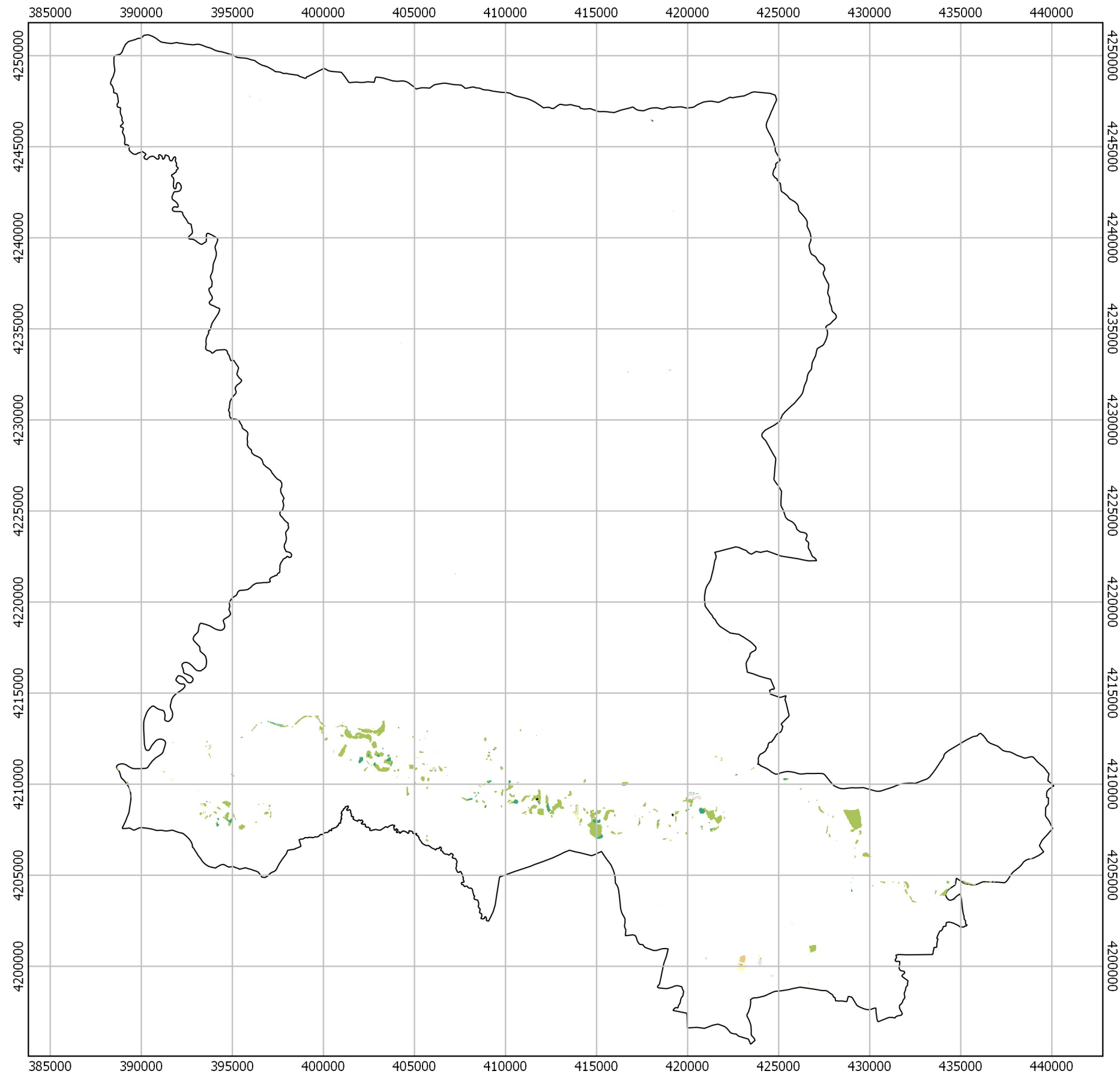


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

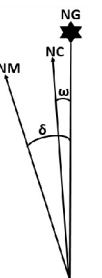
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 1	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE AGUA EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de agua en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE LABOR INTENSIVA EN 2013

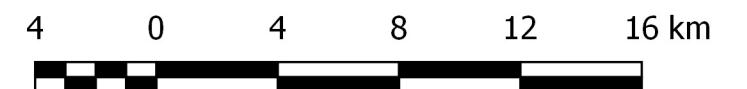
(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de labor intensiva en 2013)



DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

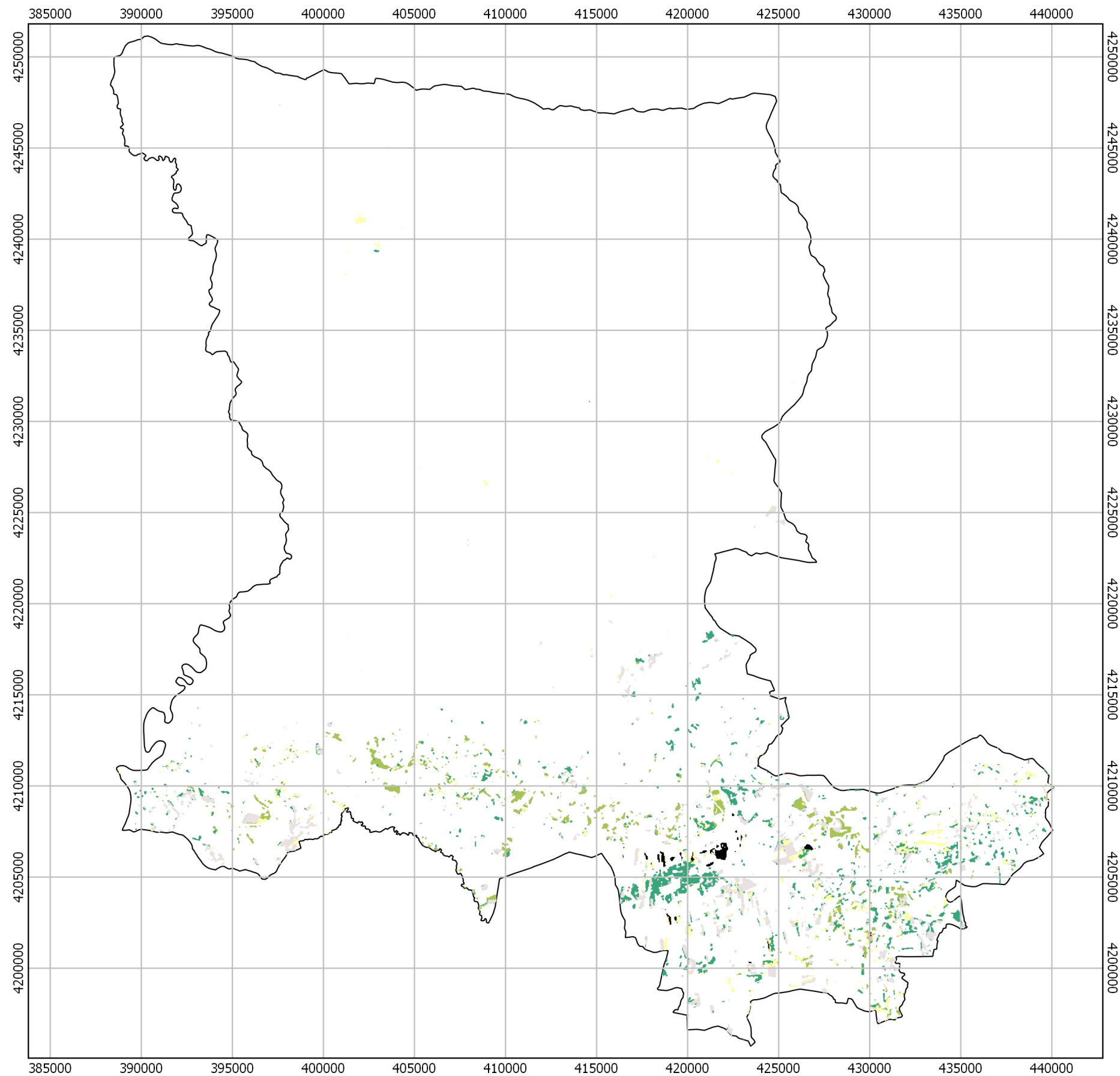


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 2	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE LABOR INTENSIVA EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de labor intensiva en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE SUELO DESNUDO EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de suelo desnudo en 2013)



Leyenda

Agua

Labor intensiva

Suelo desnudo

Monte alto

Monte bajo

Olivar tradicional

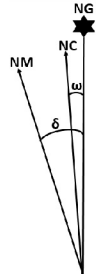
Matorral

Pastizal

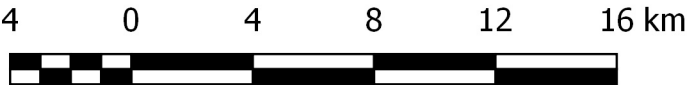
Rastrojo quemado

Contorno zona estudio

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

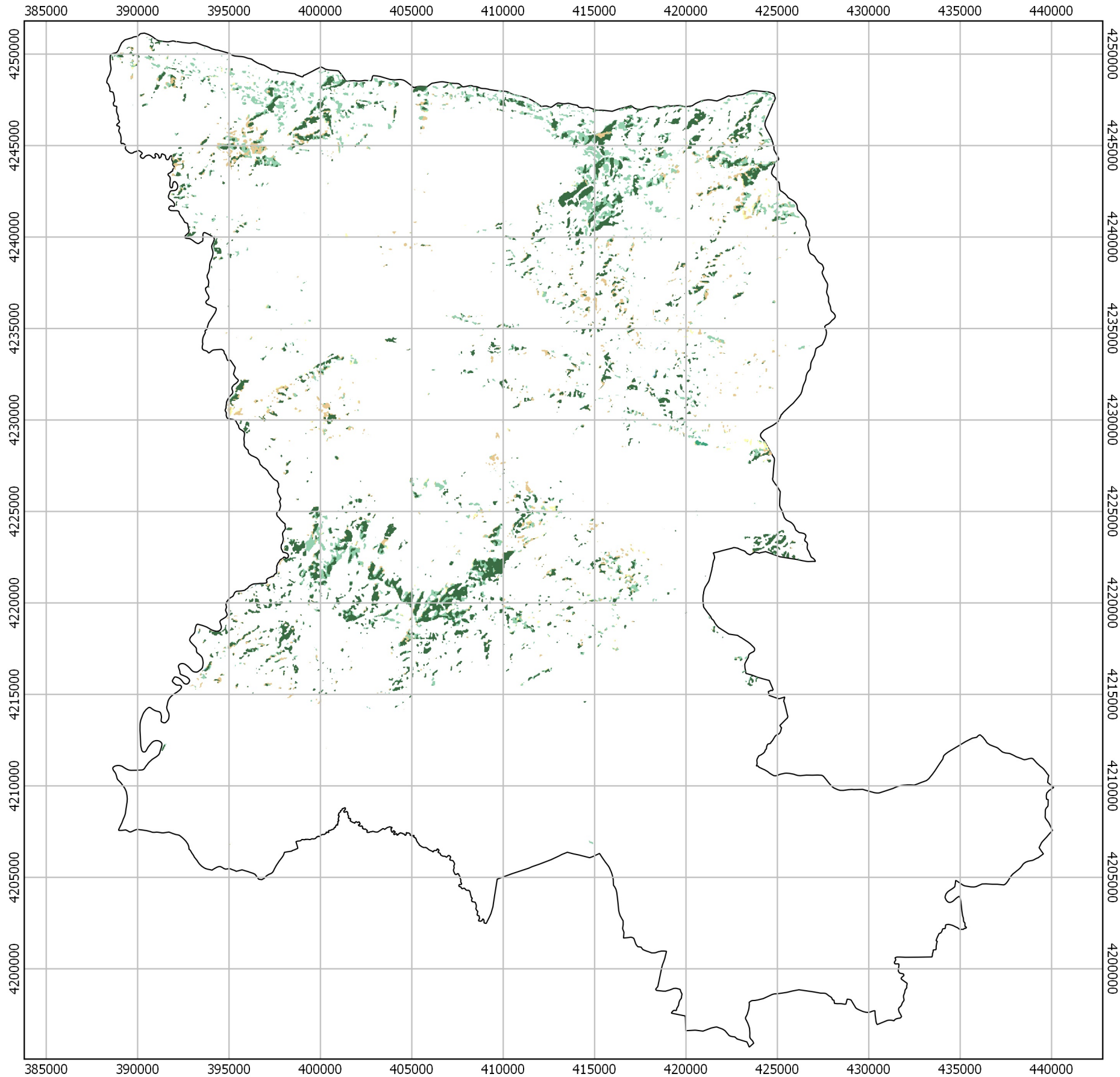


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 3	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE SUELO DESNUDO EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de suelo desnudo en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MONTE ALTO EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de monte alto en 2013)



Leyenda

Agua

Labor intensiva

Suelo desnudo

Monte alto

Monte bajo

Olivar tradicional

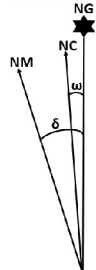
Matorral

Pastizal

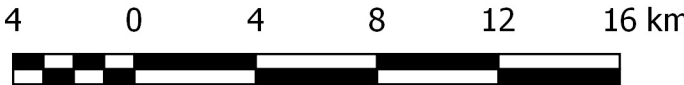
Rastrojo quemado

Contorno zona estudio

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

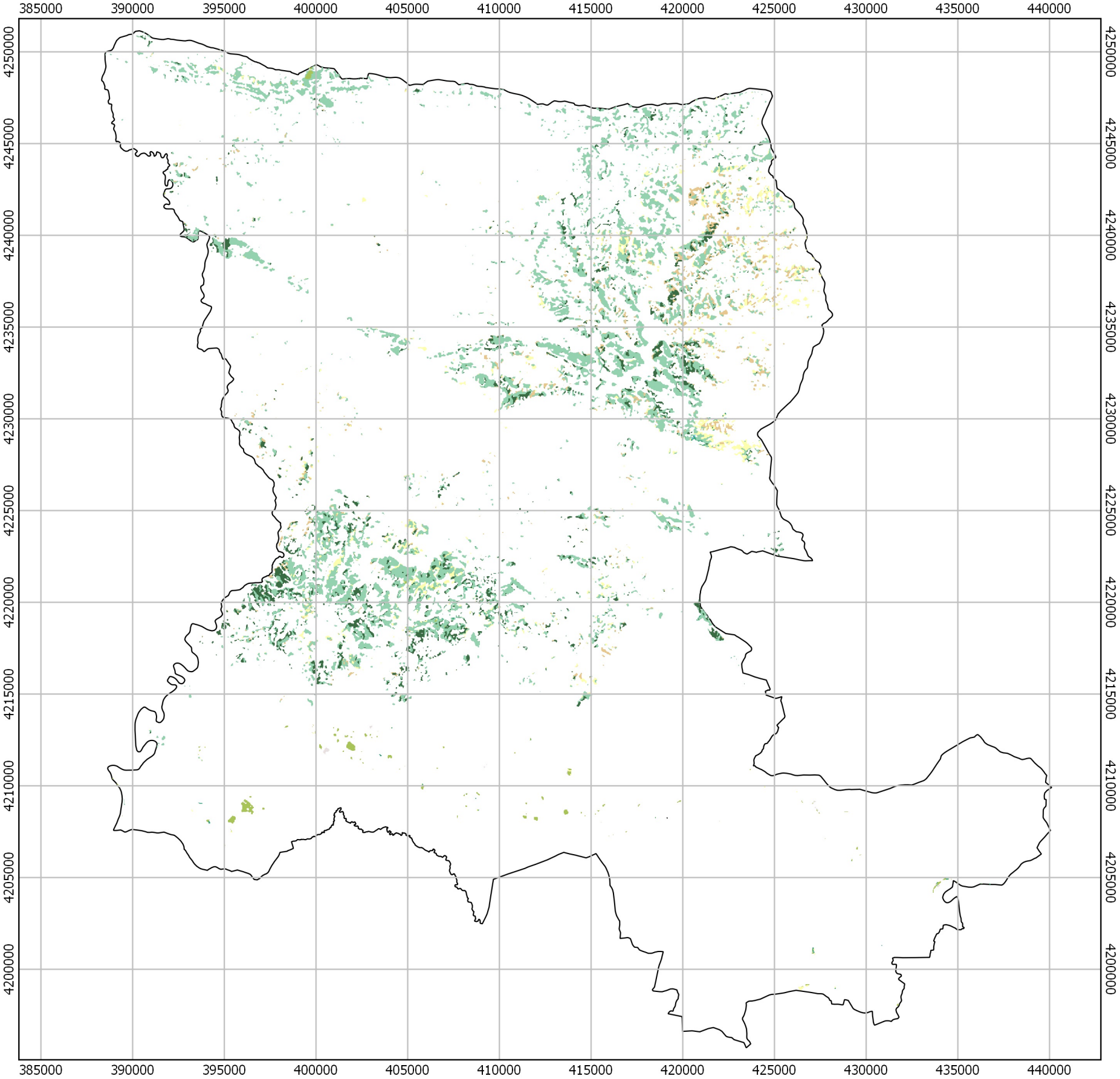


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 4	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MONTE ALTO EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de monte alto en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MONTE BAJO EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de monte bajo en 2013)



Leyenda

Agua

Labor intensiva

Suelo desnudo

Monte alto

Monte bajo

Olivar tradicional

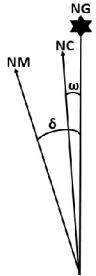
Matorral

Pastizal

Rastrojo quemado

Contorno zona estudio

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

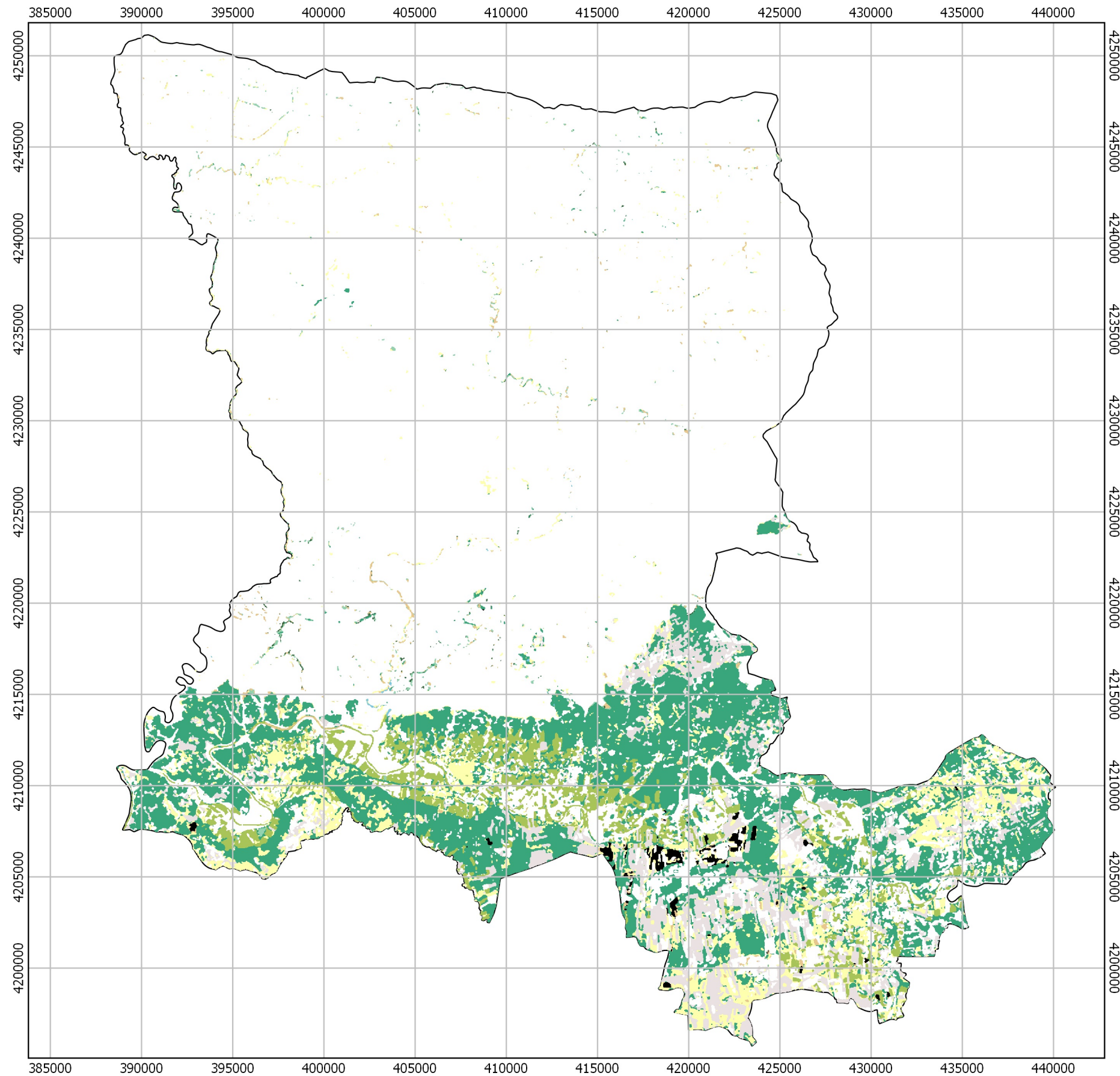


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

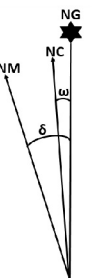
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 5	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MONTE BAJO EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de monte bajo en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE OLIVAR EN 2013

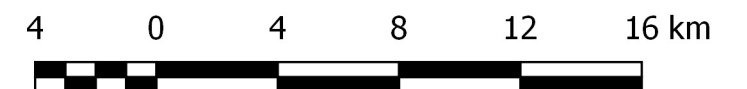
(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de olivar en 2013)



DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

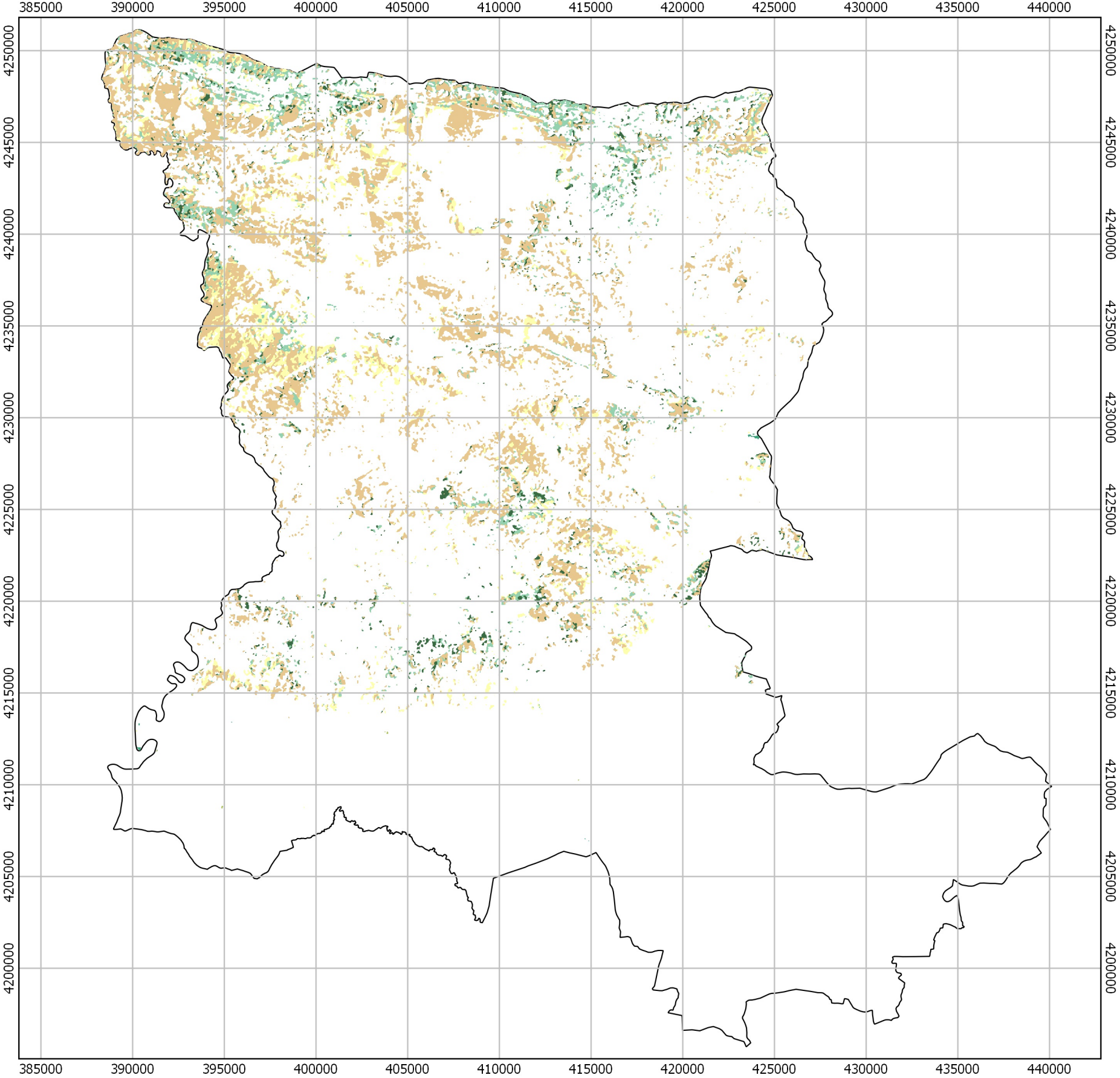


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 6	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE OLIVAR EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de olivar en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MATORRAL EN 2013

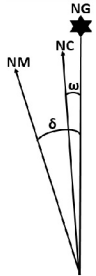
(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de matorral en 2013)



Leyenda

- Agua
- Labor intensiva
- Suelo desnudo
- Monte alto
- Monte bajo
- Olivar tradicional
- Matorral
- Pastizal
- Rastrojo quemado
- Contorno zona estudio

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:250.000

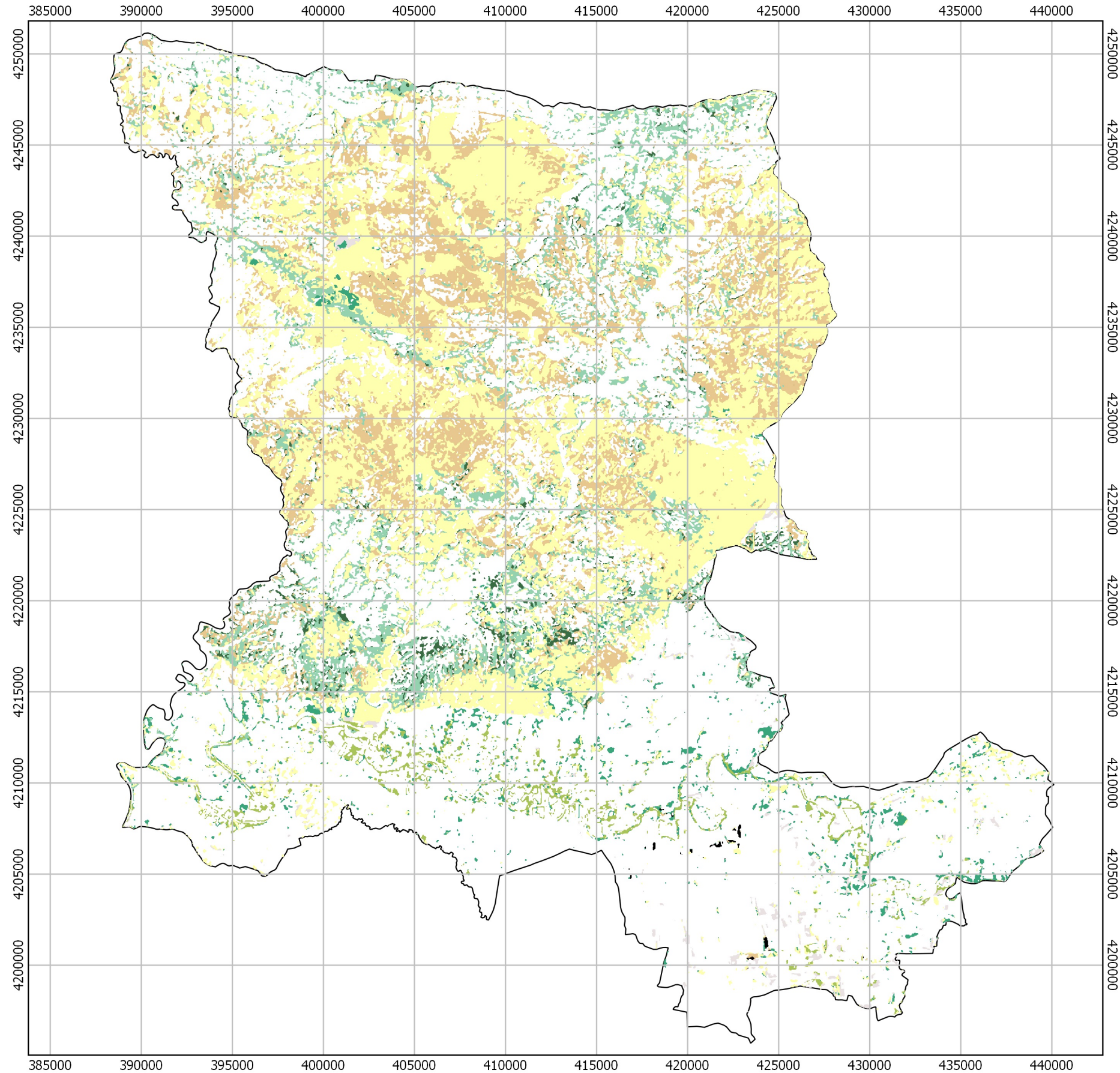


Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 7	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE MATORRAL EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de matorral en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE PASTIZAL EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de pastizal en 2013)



Leyenda

- Agua
- Labor intensiva
- Suelo desnudo
- Monte alto
- Monte bajo
- Olivar tradicional
- Matorral
- Pastizal
- Rastrojo quemado
- Contorno zona estudio

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698

1:250.000

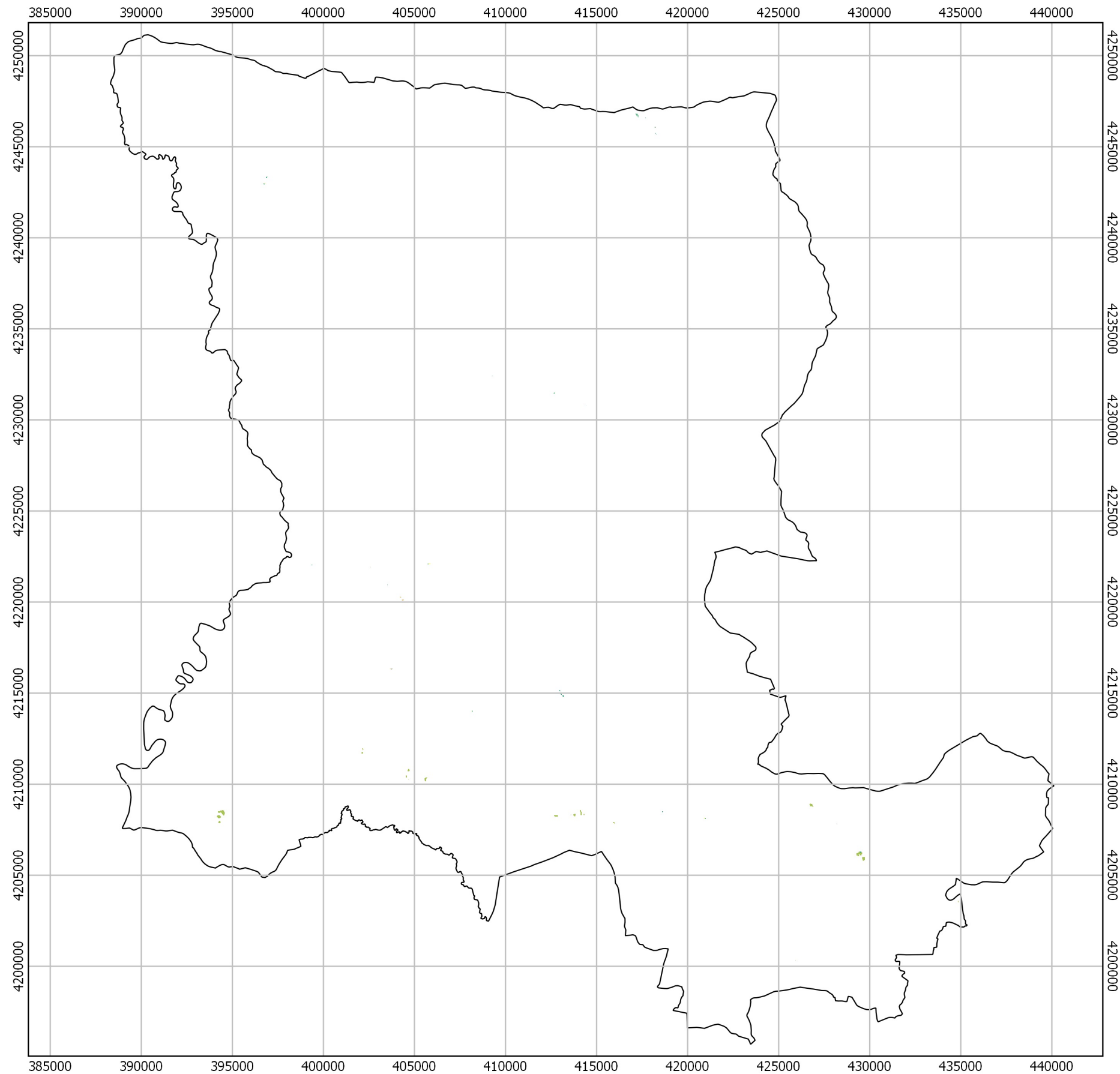
4 0 4 8 12 16 km

Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

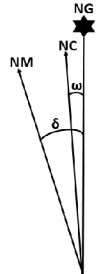
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 8	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE PASTIZAL EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de pastizal en 2013)	21/08/2016

OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE RASTROJO QUEMADO EN 2013

(Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de rastrojo quemado en 2013)



DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ}23'$ oeste
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698

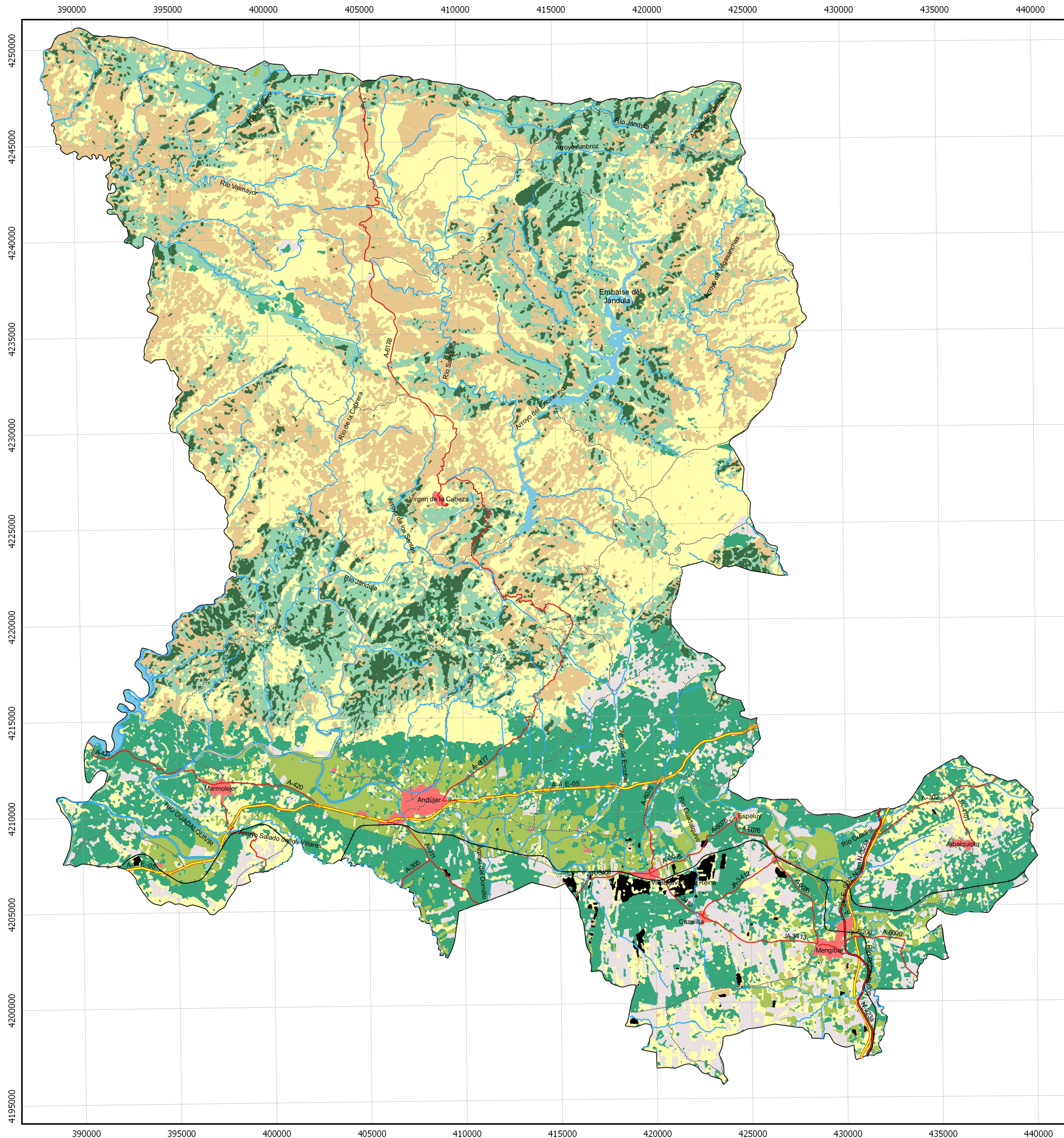


1:250.000



Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden a la cuadrícula kilométrica U.T.M.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 9	Autor: Purificación Alberjón Herrador
	OCUPACIÓN DEL SUELO EN 1991 DE LA SUPERFICIE DE RASTROJO QUEMADO EN 2013 (Toda la superficie coloreada corresponde a ocupación de rastrojo quemado en 2013)	21/08/2016



USOS DEL SUELO AÑO 1991

LEYENDA

Hidrografía

- Embalse
- Rio

Vías de comunicación

- Autovía
- Carretera nacional
- Carretera autonómica
- Camino
- Ferrocarril

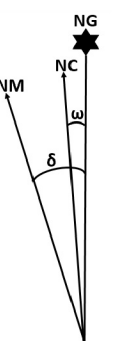
Otros

- Núcleo urbano
- Contorno zona de estudio

Usos del suelo

- Agua
- Labor intensiva
- Suelo desnudo
- Monte alto
- Monte bajo
- Olivar
- Matorral
- Pastizal
- Rastrojo quemado

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el
1 de enero de 1991 $\delta = 4^{\circ} 4'$ oeste.
La declinación disminuye cada año 7.3'
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698



1:200.000



Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden en la cuadrícula kilométrica U.T.M.



ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE
VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013,
MEDIANTE TELEDETECCIÓN.

Nº de plano:

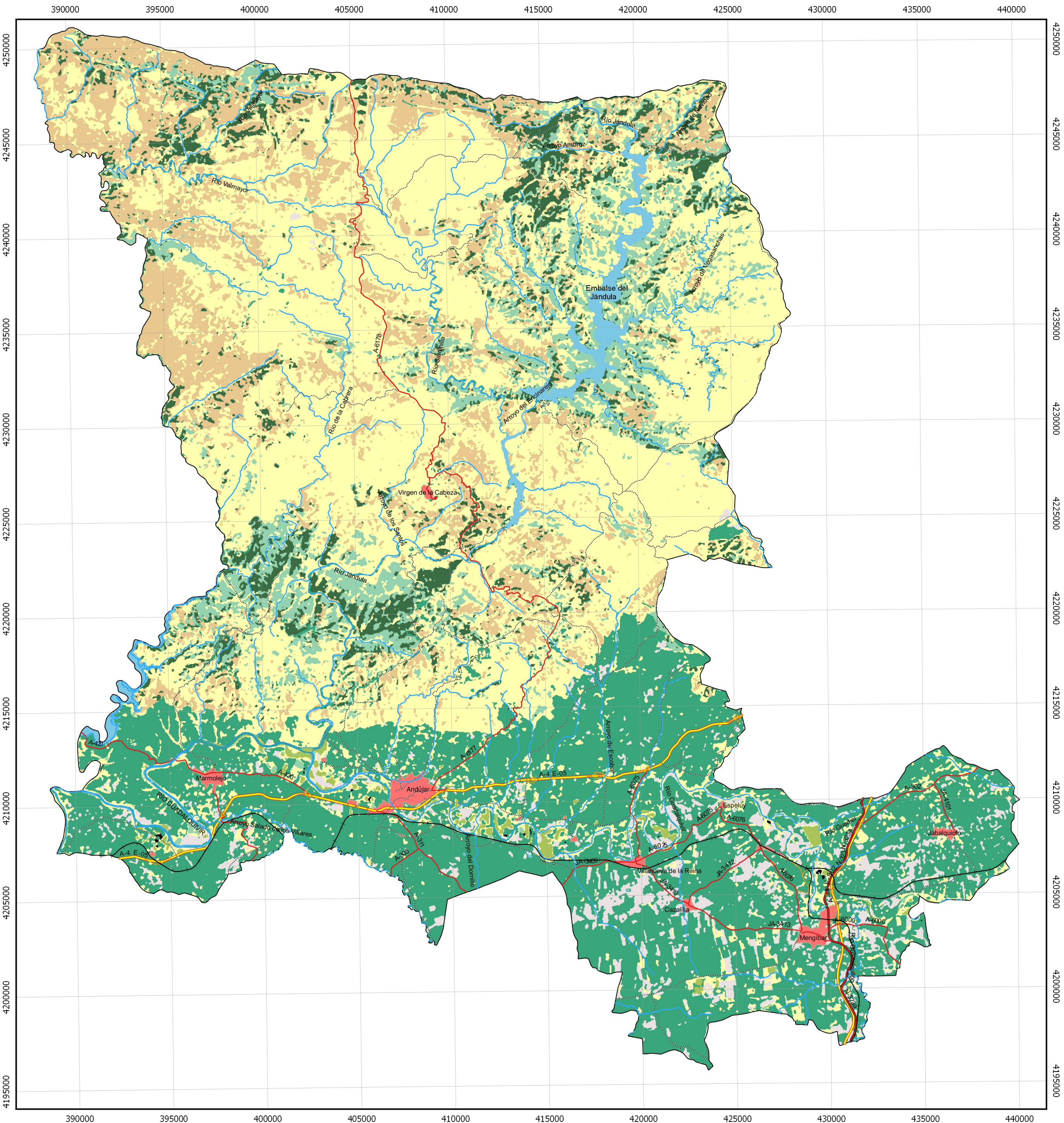
10

USOS DEL SUELO AÑO 1991

Autor:
Purificación Alberjón Herrador

21/08/2016

USOS DEL SUELO AÑO 2013



LEYENDA

Hidrografía
Embalse
Río

Vías de comunicación
Autovía
Carretera nacional
Carretera autonómica
Camino
Ferrocarril

Otros
Núcleo urbano
Contorno zona de estudio

Usos del suelo
Agua
Labor intensiva
Suelo desnudo
Monte alto
Monte bajo
Olivar
Matorral
Pastizal
Rastrojo quemado

DATOS PARA EL CENTRO DE LA CUADRÍCULA
Valor medio de la declinación magnética para el 1 de enero de 2013 $\delta = 1^{\circ} 23'$ oeste.
La declinación disminuye cada año $7.3''$
Huso 30. Convergencia de la cuadrícula $\omega = -0^{\circ}37'44''$
Factor de escala = 0.999698

1:200.000

Sistema de coordenadas proyectadas ETRS89 U.T.M. Zona 30N.
Elipsoide GRS80. Proyección U.T.M. Huso 30. Datum ETRS89.
Las coordenadas en negro corresponden en la cuadrícula kilométrica U.T.M.

	ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA BAJA DE VEGAS DEL GUADALQUIVIR EN JAÉN, ENTRE LOS AÑOS 1991 Y 2013, MEDIANTE TELEDETECCIÓN.	
	Nº de plano: 11	Autor: Purificación Alberjón Herrador
		21/08/2016