

Trabajo Fin de Máster

CLASIFICACIÓN DIGITAL BASADA EN OBJETOS A PARTIR
DE ORTOIMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN E IMÁGENES
PLEIADES EN ZONAS URBANAS

OBJECT-BASED DIGITAL CLASSIFICATION FOR HIGH
RESOLUTION ORTHOIMAGES AND PLEIADES IMAGES OF
URBAN AREAS

Autor/es

Beatrix Estacio Gandia

Director/es

Fernando Pérez Cabello
Daniel Borini Alves

Facultad de Filosofía y Letras
2017

Resumen

Este trabajo ha consistido en el análisis del método de clasificación de imágenes basado en objetos (OBIA) para la identificación de elementos (teja, chapa, asfalto, piscinas) en diferentes áreas urbanas. Se emplean imágenes de muy alta resolución espacial obtenidas de la fotointerpretación de los núcleos rurales de Godojos, Langa del Castillo y Moneva, así como una imagen Pleiades del distrito Universidad de Zaragoza. Se establece un modelo de segmentación y clasificación mediante el software ERDAS Imagine basado en las características de los objetos de la imagen. La cartografía generada es validada y comparada con una cartografía derivada de las ortoimágenes de muy alta resolución mediante un muestreo aleatorio obteniéndose un grado de confianza aceptable ($>70\%$), siendo un método alternativo a los procesos de interpretación visual y clasificación a nivel de píxel.

Palabras Clave: OBIA, Clasificación basada en objetos, cartografía, teledetección, Pleiades, ERDAS.

Abstract

This study consisted in the analysis of the object-based classification method (OBIA) for the identification of elements (tiles, sheet metal, asphalt, swimming pools) in different urban areas. High-resolution images of the photointerpretation of the rural nuclei of Godojos, Lanza del Castillo and Moneva are used, as well as an image of the Pleiades of the University of Zaragoza district. A segmentation and classification model is established using the ERDAS Imagine software based on the characteristics of the objects in the image. The generated cartography is validated and compared with a cartography derived from the high resolution orthoimages by a random chance that obtains an acceptable degree of confidence ($> 70\%$), being an alternative method to the processes of visual interpretation and classification at the pixel level.

Key Words: OBIA, Object-based classification, mapping, remote sensing, Pleiades, ERDAS.

Agradecimientos:

A mi familia por su esfuerzo, a mis amigos y compañeros por su apoyo, en especial a Pere. Gracias al IGEAR por el material prestado, integración en la entidad y por la experiencia laboral. También agradecer a Fernando Pérez y Esther Gómez por su tiempo y dedicación.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Marco de desarrollo de las prácticas.....	4
2. Objetivo	4
3. Material y Métodos.....	5
3.1. Zona de estudio	5
3.2. Ortoimágenes de alta resolución y Pleiades.....	6
3.3. Software utilizado.....	7
3.4. Análisis de imágenes basado en objetos.....	7
3.4.1. Segmentación de imágenes.....	8
3.4.2. Clasificación de imágenes.....	17
3.5. Validación	21
4. Resultados y Discusión.....	24
5. Conclusión.....	33
6. Bibliografía.....	34
7. Anexos.....	39
Anexo I. Imágenes de muy alta resolución de las áreas analizadas.....	39
Anexo II. Tabla de verificación.....	44
Anexo III. Cartografía obtenida de la clasificación OBIA	53

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

Figura 2. Mapa localización. Arriba mapa distritos de Zaragoza. Abajo distrito Universidad de Zaragoza.

Figura 3. Herramientas RPP. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Figura 4. Raster Pixel Procesor correspondiente al núcleo de Langa del Castillo

Figura 5. Segmentación Lambda-Schedule. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Figura 6. ROC correspondiente al núcleo de Godojos

Figura 7. ROO correspondiente al núcleo de Moneva

Figura 8. RVC correspondiente al núcleo de Moneva

Figura 9. Convex Hull. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Figura 10. Outlier Clipper. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Figura 11. Smooth con factor 0.8. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Figura 12. Spline con tolerancia 1.0. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

Anexo I

Figura 1. Godojos. Fuente: IGear

Figura 2. Langa del Castillo. Fuente: IGear

Figura 3. Núcleo Moneva. Fuente: IGear

Figura 4. Distrito Universidad de Zaragoza. Fuente: IGear. Imagen Pleiades 2016 (RGB 321).

Anexo III

Figura 1. Godojos.

Figura 2. Langa del Castillo.

Figura 3. Núcleo Moneva.

Figura 4. Distrito Universidad de Zaragoza.

Índice de tablas

Tabla 1. Listado de núcleos rurales validados en el IGear.

Tabla 2. Ejemplo de los resultados obtenidos en la validación de la cartografía 1:1.000.

Tabla 3. Porcentajes de precisión resultantes de la cartografía 1:1.000

Tabla 4. Variable teja

Tabla 5. Variable chapa

Tabla 6. Variable asfalto

Tabla 7. Variable piscina

Tabla 8. Comparativa de los porcentajes de precisión obtenidos en ambas validaciones y tras la ampliación de la cartografía derivada.

Tabla 9. Matriz de confusión para la clasificación

Tabla 10. Ejemplos

Anexo II

Tabla1. Elementos verificados de la cartografía OBIA

1. Introducción

La Cartografía es el lenguaje que emplea la Geografía para expresarse, es decir, la ciencia encargada de representar gráficamente los elementos de la superficie terrestre en un momento determinado, teniendo como instrumento primordial el mapa que, en Joly (1979) se define como “...una representación geométrica plana, simplificada y convencional, de todas o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcionada, a la que se llama escala.”. En 1995 la Asociación Cartográfica Internacional (ICA) adoptó la siguiente definición “Cartografía es la disciplina que trata sobre la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas”. En esta ciencia se estudia por tanto el conjunto de operaciones científicas y técnicas que intervienen en la elaboración y análisis de mapas, teniendo como objeto reunir y analizar espacialmente datos que permiten conocer las características geográficas que definen un ámbito determinado.

En el último siglo la cartografía ha experimentado una gran evolución, desde las simples representaciones gráficas hasta los actuales sistemas de información geográfica, que combinan la información gráfica con la alfanumérica (Domínguez, 2000). Esta transformación se ha propiciado por el avance exponencial de nuevas tecnologías y nuevas corrientes de pensamiento que han dado lugar al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y posteriormente de las nuevas tecnologías de teledetección. Gracias a las innovaciones en los métodos y técnicas de producción y obtención de información cartográfica podemos disponer de manera sencilla y rápida de cualquier cartografía de gran precisión y tamaño (Pardo & Segura, 2011), facilitando así el análisis de la información geográfica.

En los años 50 se inició un cambio de paradigma (noción propuesta por Khun, 1962) que propiciaría, junto con las innovaciones tecnológicas, el denominado paradigma cuantitativo o de análisis espacial, una nueva corriente basada en la teoría positivista y preocupada por establecer leyes que administren los patrones de distribución espacial. Este cambio de paradigma fue el precursor de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), definidos como un conjunto de programas informáticos diseñados para capturar, almacenar, analizar, manipular visualizar y comunicar datos espaciales (NCGIA, 1990; Clarke, 1986; Burrough, 1998; Escolano, 2016).

El origen de los SIG se data a principios de la década de los 60, cuando Roger Tomlinson desarrolla para la gestión de recursos forestales en Canadá el *Canadian Geographic Information System* (C.G.I.S.). Hasta la década de los 70 se desarrollan primitivos y rudimentarios SIG ráster o matriciales, para generar e imprimir mapas. A continuación, a principios de los años 70, esta disciplina comienza a cobrar relevancia, consolidándose como entidad propia debido a la capacidad práctica para abordar problemas. A su vez empieza a generarse una preocupación por el entorno, lo cual beneficia enormemente su desarrollo e integración en tareas de gestión del medio. Así, durante la siguiente década alcanza gran relevancia académica y comienza su auge, pues surgen también empresas, congresos y se crean revistas dedicadas a esta nueva ciencia. En las últimas décadas, ha experimentado grandes avances, de la mano de la generación de nuevas herramientas, de una mayor difusión

a nivel profesional, académico y de usuarios no especializados (Domínguez, 2000; Rodríguez & Olivella, 2009; Escolano, 2016).

En este marco, las imágenes extraídas mediante técnicas de teledetección constituyen una fuente de información inmejorable sobre la superficie terrestre y fácilmente integrable en los SIG, puesto que permite obtener, mediante sensores satelitales o aerotransportados, información de los objetos de la superficie terrestre. Estos sensores pueden limitarse a recibir energía procedente de las cubiertas terrestres, ya sea reflejada o emitida, por lo que se trataría de sensores de teledetección pasiva, mientras que si son capaces de emitir su propio haz de energía se trataría de teledetección activa (Kumar, 2005). La evolución de la teledetección también ha sido vertiginosa en las últimas décadas. Evolucionando desde la fotografía aérea capturada mediante globos cautivos, hasta los datos de satélite -en 1972 se produce el lanzamiento del satélite Landsat (Maza, 2008; Martínez *et al.*, 2010; Chuvieco, 2010)- y los sensores a bordo de drones.

Por otro lado, la ortofotografía es una técnica básica para la elaboración de cartografía cuyo objetivo es la localización exacta de objetos, antes solo posible a través de métodos topográficos. Este producto cartográfico se crea mediante una composición de varias fotografías aéreas referenciadas con las que podremos tener una visión estereoscópica, a través de la cual será posible conocer las dimensiones y posición de los objetos en la superficie cartografiada.

La generación de cartografía ha evolucionado desde el formato analógico al digital gracias a los avances tecnológicos. Estos han permitiendo a los SIG, junto con la obtención de datos geográficos a través de la teledetección, sobre todo de sensores de alta resolución, la obtención de información geográfica de manera más ágil y económica, transformando así el proceso de elaboración cartográfica actual. En la actualidad, son complementarios a la hora de ofrecer productos cartográficos que facilitan el análisis territorial y, por tanto, a la generación de cartografía urbana. Esta cartografía digital tiene como base a los SIG, desde la segunda mitad del siglo XX, que facilita la gestión y planificación del territorio (Seguí & Martínez, 2003). Esta importancia para el desarrollo de la cartografía urbana se plasma en diversos trabajos, en algunos de ellos se plantea el marco de la utilización de SIG en modelos urbanos (Longley *et al.*, 1994; Batty, 1995; Santos *et al.*, 2012), otros se centran en la importancia de la teledetección para una gestión territorial más eficiente (Pérez *et al.*, 2004).

Con la llegada de las nuevas generaciones de satélites y sus productos de alta resolución el enfoque de clasificación digital basado en píxeles se ha quedado obsoleto. Este enfoque, vigente durante tres décadas como método para la clasificación digital de imágenes satelitales, fue efectivo mientras la resolución espacial de las imágenes era baja. Una vez que comenzaron a surgir resoluciones altas se convirtió en un enfoque desfasado, puesto que el tamaño de los objetos era similar o más pequeño. Sin embargo, los píxeles no se aíslan, sino que forman patrones, mientras que este enfoque tan solo tiene en cuenta las propiedades de los píxeles de forma independiente (Blaschke & Strobl, 2001).

Gracias a la disponibilidad de satélites de muy alta resolución (VHR) y los avances en teledetección y SIG a través del desarrollo de softwares especializados, han aparecido nuevos enfoques. El análisis de imágenes basado en objetos (OBIA, por sus siglas en inglés), es un enfoque que emplea las formas geométricas, propiedades espectrales y relaciones de vecindad de los objetos. Esto le permite descomponer la escena aplicando un proceso de partición de imágenes, la cual genera en objetos homogéneos denominados segmentos, que posteriormente son sometidos a una clasificación (Blaschke, 2010; Hay & Castilla, 2008).

Se puede considerar al análisis de imágenes basado en objetos como un nuevo paradigma (Capel, 1980; Hay & Castilla, 2008; Hay & Blaschke, 2010; Blaschke *et al.* 2014), que surge para suplir las carencias ante las imágenes de alta resolución. A pesar de estar aún en desarrollo, puesto que quedan muchos temas por explorar y algunos por consensuarse, podemos ver un claro incremento de artículos en revistas científicas, conferencias, etc. (Navulur, 2006; Hay & Castilla, 2008; Blaschke *et al.* 2014). De hecho, el número de publicaciones en revistas, indexadas a través de las palabras “object based image” (www.webofknowledge.com), ha experimentado un claro crecimiento con una correlación positiva desde sus inicios a la actualidad.

Para consolidar este nuevo paradigma es necesario establecer una ontología con un lenguaje común (Hay & Castilla, 2008), lo que nos lleva a uno de estos temas que está en análisis, como es la denominación de este enfoque. Existe un debate entre “basado” u “orientado”, puesto que el primero se emplea para crear una distinción entre OBIA y OO (Oriented Object), contribuyendo al aislamiento en lugar de la consolidación y el segundo es frecuentemente empleado. En este mismo contexto se pretende englobar este enfoque como una subdisciplina de la Ciencia de Información Geográfica (GIScience), por lo cual algunos autores emplean el término “GEOBIA” relacionando el concepto con el espacio geográfico, puesto que existen disciplinas como la medicina o biología en las que también se emplea. (Hay & Castilla, 2006, 2008; Blaschke *et al.*, 2014). Una de las mejores definiciones de GEOBIA la aportan Hay y Castilla (2008): *“El Análisis de Imágenes Geográficas basadas en Objetos (GEOBIA) es una subdisciplina de Ciencia de Información Geográfica dedicada al desarrollo de métodos automatizados para dividir imágenes de percepción remota en objetos de imagen significativos y evaluar sus características a través de escalas espaciales, espectrales y temporales para generar nueva información geográfica en formato listo para GIS”*.

En cuanto a las investigaciones que utilizan este enfoque, existen variantes metodológicas específicas, asociadas al área de estudio en la que se aplican, cuyos resultados son muy difíciles de generalizar. Sin embargo, se han demostrado las ventajas del método de análisis basado en objetos al mostrar mayor eficacia que enfoque por píxel (Ardila *et al.*, 2005; Galli & Malinvern, 2005; Gao & Mas, 2008; Guo *et al.*, 2007; Platt & Rapoza, 2008; Perea *et al.*, 2009; Chepkochei, 2011; Blaschke *et al.*, 2014). Algunos autores han realizado un metanálisis de los resultados del enfoque OIBA (Burnett & Blaschke, 2003; Blaschke & Lang, 2006; Blaschke, 2010), otros han analizado los avances actuales y examinan las perspectivas de futuro (Hay & Castilla, 2006; Aplin & Smith, 2008; Ma *et al.*, 2017), o exponen las perspectivas del cambio metodológico que supone este nuevo enfoque (Sui, 1994; Hay & Castilla,

2008). Otros estudios tratan sobre las formas de implementar este método (Benz *et al.*, 2003; Kampouraki *et al.*, 2008; Vaudour *et al.*, 2015) o se han centrado en la optimización de la escala o incertidumbres de la escala de segmentación (Baatz & Schäpe, 2000; Blaschke & Hay, 2001; Burnett & Blaschke, 2003; Liu & Xia, 2010; Tzotsos *et al.*, 2010; Gonzalo *et al.*, 2012; Cánovas *et al.*, 2013). Cabe mencionar que las imágenes de teledetección de la serie Landsat y el software *Definiens eCognition*, son a menudo las herramientas empleadas para una clasificación basada en objetos, mientras que los casos en los que se usan imágenes Pleiades y otros softwares son muy escasos.

1.1. Marco de desarrollo de las prácticas

Las prácticas fueron realizadas en el Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR), el órgano responsable de la programación y elaboración de la cartografía, teledetección, bases de datos, etc., de la Comunidad Autónoma de Aragón, creado como servicio de apoyo en la información y documentación geográfica sobre la ordenación del territorio aragonés para el resto de unidades administrativas de Aragón (IGEAR 2017). Esta entidad posee todos los recursos necesarios para la realización de las prácticas, además de facilitar tanto medios técnicos para el desempeño de las funciones, a través de diversos software o incluso la capacidad de adquisición de un software en un breve periodo de tiempo, hasta suministrar material para el desempeño de las mismas, como la cartografía necesaria para el desempeño de las prácticas, que incluían cartografía de núcleos urbanos a escala 1:1.000, con sus correspondientes ortofotografías de alta resolución, e incluso proporcionaron las imágenes Pleiades de las cuales disponían para la realización de este trabajo.

En definitiva, que pusieron a disposición los excelentes recursos de los que disponían, tanto medios técnicos como humanos, para la realización de las prácticas cuyo objetivo era la verificación de cartografía urbana y creación de un protocolo de clasificación basada en objetos empleando imágenes de alta resolución. Asimismo, como objetivos secundarios, se confeccionó una comparativa de una serie de núcleos sobre la que se había generado una cartografía con una base topográfica urbana (BTU) y se realizaron diversos controles de calidad, tras lo cual se creó un manual.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es realizar y evaluar productos cartográficos sobre la distribución de componentes/materiales del tejido urbano, realizados mediante procesos de clasificación basada en objetos (OBIA). Para ello, tras la realización de esta clasificación sobre distintos núcleos urbanos de Aragón, incluyendo un distrito en Zaragoza, se comparan los resultados con productos IGEAR a escala 1:1000, realizados mediante interpretación de vuelos fotogramétricos. Los resultados han sido verificados mediante procedimientos de carácter visual, utilizando muestras aleatorias para estimar los porcentajes de confianza.

3. Material y Métodos

En la figura 1 se muestra la metodología propuesta para este trabajo, en ella diferenciamos el análisis de imagen basado en objetos, efectuado con el software *Imagen Objective* de ERDAS, de la validación posterior y las conclusiones sobre el análisis y la comparación con las muestras obtenidas de la verificación de las diversas cartografías.

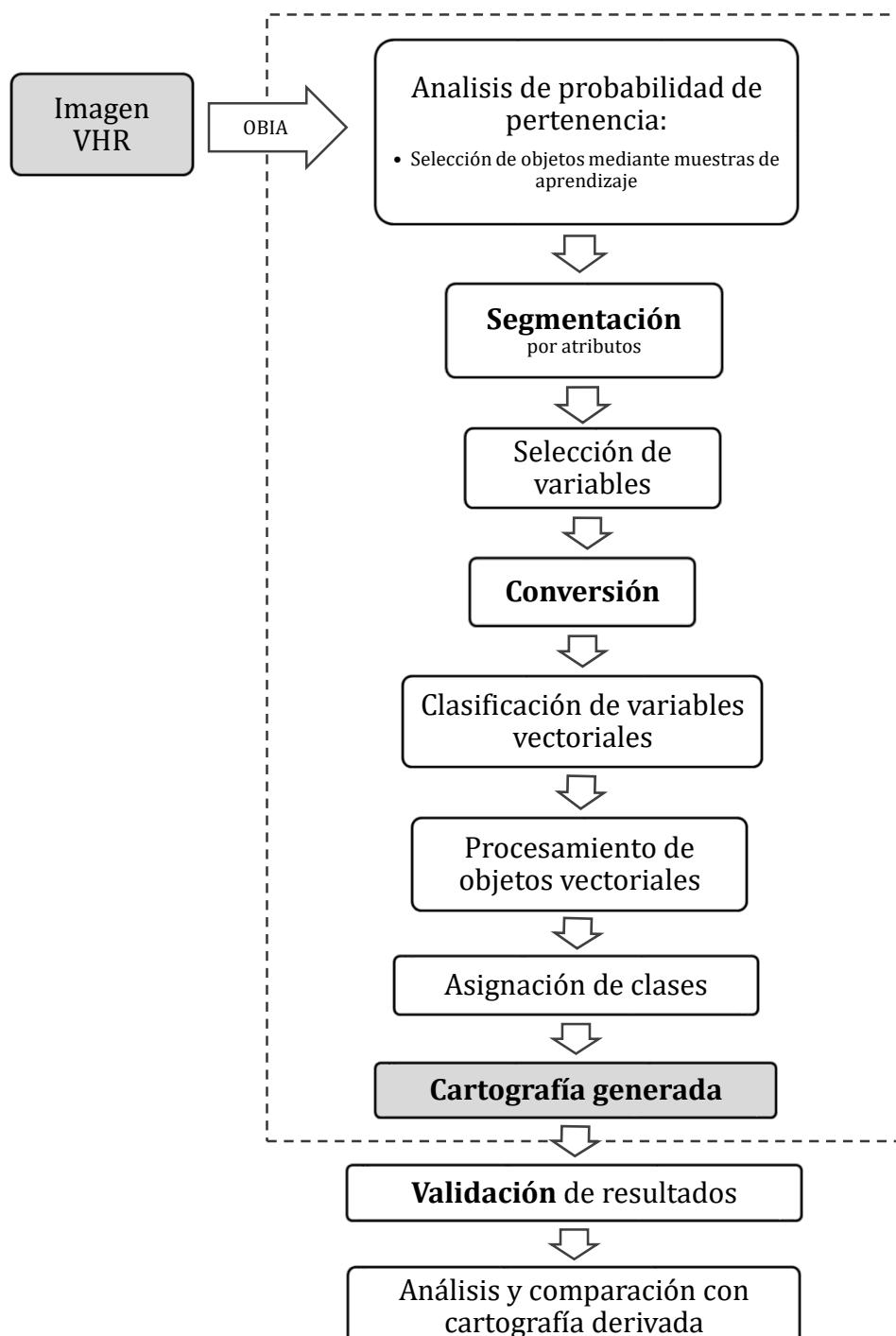


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

3.1. Zona de estudio

Para este trabajo se han seleccionado diferentes zonas de estudio, se trata de núcleos y barrios urbanos de diversos tamaños.

Por un lado, se analizan tres núcleos urbanos de pequeñas dimensiones (Figura 2, izq.), Godojos, Langa del Castillo y Moneva, situados al sur de la provincia de Zaragoza, España. Éstas tres áreas urbanas son poblaciones rurales, con viviendas unifamiliares y con escasa densidad de población en las que existe una zona periurbana en la encontramos algunas pequeñas industrias, parcelas agrícolas y casas diseminadas.

Por otro lado, se trabaja en el distrito Universidad (Figura 2, drcha.), situado en la ciudad de Zaragoza, que comprende los barrios de Romareda y Universidad. Se trata de una zona residencial con elevada densidad de población, sobre todo en comparación con los núcleos anteriores, con grandes dotaciones de servicios, entre los que destaca el Campus de San Francisco de la Universidad de Zaragoza, el hospital Miguel Servet, el campo de futbol La Romareda, etc., y con amplias zonas verdes como el Parque Grande José Labordeta.



3.2. Ortoimágenes de muy alta resolución y Pleiades

Las imágenes empleadas en este trabajo han sido imágenes de muy alta resolución espacial proporcionadas por el IGEAR. Una vez más tenemos que diferenciar, por un lado, las ortoimágenes de los núcleos de población y por otro la imagen Pleiades de Zaragoza. Las ortoimágenes de muy alta resolución de los núcleos de Godojos, Langa del Castillo y Moneva corresponden a la realización de una cartografía a escala 1:1.000 contratada por el IGEAR a una empresa externa. Por tanto, estas ortofotos se obtuvieron para la producción cartográfica de núcleos rurales de Aragón, entre las que se encuentran los analizados, a través de un vuelo fotogramétrico realizado en el año 2016. Éste vuelo captó las imágenes con un tamaño medio del píxel inferior a 10 cm, mediante una cámara fotogramétrica digital, y cuya distancia nadiral por fotograma es inferior a 2^g (unidades centesimales). Para cada imagen se captura tres regiones diferentes del espectro electromagnético, correspondientes al espectro visible (0,4 a 0,7 μm). A partir de estas imágenes la empresa contratada realizó una fotointerpretación unido al trabajo de campo para la creación de la cartografía a escala 1:1000.

Por otro lado, en la imagen Pleiades de toda la ciudad de Zaragoza, se optó por la selección del distrito Universidad que, manteniéndose como muestra representativa para este trabajo, agiliza los diversos procesos a implementar. Ésta imagen Pleiades multiespectral recogida el 22/09/2016, en la que se han capturado cuatro bandas espectrales: azul 430-550 nm, verde 490-610 nm, roja 590-750 nm e infrarrojo cercano o NIR 750-950 nm (Fernández de Sevilla, 2011). Este tipo de productos poseen una resolución espacial alta, en color, de 50 cm y recogen imágenes ortorectificadas de 20x20 km de extensión en el nadir.

Para ambas imágenes se ha usado la combinación de “color natural” (RGB 321), en la que a cada banda se le asigna su verdadero color, resultando una combinación que aproximada a los colores naturales que poseen. Así, los suelos aparecen en tonalidades marrones o tostados, la vegetación en tonos verdosos, los cuerpos de agua en azules, etc. Esta es la combinación de bandas que más nos ha facilitado la interpretación de las ortoimágenes, ya que nos ha permitido diferenciar de las diferentes techumbres, tipos de asfalto y masas de agua (Anexo I).

3.3. Software utilizado

El software que se ha empleado para realizar los procesos del análisis de imágenes VHR basado en objetos (OIBA) es ERDAS Imagine 2014 a través de la herramienta *Imagine Objective*. Este software es relativamente nuevo, en comparación con otros, pero permite realizar una clasificación de imágenes basadas en objetos y una extracción de datos vectoriales resultantes de manera sencilla y eficaz. También se ha empleado el software ArcGis en su versión 10.3.1 para la verificación de imágenes y la creación de mapas finales.

3.4. Análisis de imágenes basado en objetos

El análisis de imágenes de muy alta resolución basado en objetos es un método automatizado dedicado a la partición de imágenes en objetos significativos. Es un enfoque que emula la interpretación visual que hacemos los seres humanos, construyendo entidades básicas denominadas objetos. Los objetos son obtenidos mediante el reconocimiento de píxeles agrupados homogéneamente y que poseen una alta autocorrelación espacial ya que forman parte del mismo objeto con significado en el mundo real. Los objetos son clasificados a través de sus atributos espaciales, temporales y espectrales, por lo que se consideran las propiedades contextuales, espectrales, de textura, forma y tamaño, entre otras. Esta metodología evita el efecto de “sal y pimienta” que se produce con el enfoque por píxel, al tratar de replicar la interpretación de la visión humana de las imágenes (Blaschke *et al.*, 2004; Blaschke, 2010; Hay & Castilla, 2006).

Puesto que se ha aplicado esta metodología OIBA mediante el software Imagen Objective de ERDAS, a continuación se detallará la estructura jerárquica que se adopta en este programa. Se trata de nodos de proceso secuenciados (Chepkochei, 2011) en los que se definen, una vez agregados los objetos homogéneamente espectrales de la imagen, formados por agrupación de píxeles y utilizando un algoritmo de segmentación de imágenes, la clasificación de los objetos individuales.

La estructura jerárquica lineal y segmentada representa su conjunto de condiciones organizadas en el programa mediante un árbol en el que podemos acceder a cualquiera de sus siete nodos secundarios para generar los ajustes en la clasificación de los objetos necesarios. Las modificaciones que inferimos sobre el árbol podemos ejecutarlas sobre todas las secciones o de forma concreta sobre una o varias correlativas. El programa también nos ofrece la posibilidad de ejecutarlas sobre la imagen completa o sobre la vista de la misma que tengamos en ese momento, lo que agiliza la obtención de resultados que después podemos ejecutar sobre el resto de la imagen.

Cabe mencionar que para esta clasificación se decidió optar por trabajar con una única variable cada vez, para así poder evitar posibles problemas en la confección de las propiedades de cada variable. Las variables que se han seleccionado para clasificar mediante el empleo del método de análisis basado en objetos, a través de las cuales poder obtener una muestra representativa, son: piscinas, techumbres de teja, techumbres de chapa y asfalto.

3.4.1. Segmentación de imágenes

La segmentación es el proceso en el cual la imagen será fraccionada en diferentes regiones homogéneas, objetos, lo que convierte a esta fase en la más significativa, y sobre la cual se fundamentará el resultado final. Los objetos resultado de la segmentación, poseen información sobre su respuesta espectral, forma, posición, textura y relación de vecindad. A la estructura semántica en la que tenemos objetos con atributos, se le aplica la lógica difusa o lógica fuzzy basada en reglas heurísticas, para tratar las transiciones continuas y la falta de claridad de los objetos.

La lógica difusa depende de la definición que hagamos de los conjuntos de datos de entrenamiento, a partir de los que generará una cuantificación lógica de los valores de los píxeles contenidos en los objetos mediante un rango continuo (Baatz & Schäpe, 2000; Benz *et al.*, 2003; Blanschke *et al.*, 2004).

- RPP: Raster Pixel Processor (respuesta espectral)

El objetivo de la segmentación es simplificar la representación de una imagen a una forma con más significado y más sencilla de analizar. Para ello en esta primera etapa que nos ofrece el software *Imagine Objective*, es necesario escoger entre las funciones disponibles: Identidad (*Identity*), Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), Probabilidad de característica única (SFP), sombra o textura.

En este estudio se utilizó en todos los casos el SFP (Sngle Feature Probability) puesto que calcula la métrica de probabilidad para cada píxel en función de áreas de entrenamiento y el valor del píxel. También se debe elegir el clasificador de píxel que preferimos que use el programa, en este caso se optó por el algoritmo de aprendizaje automático *Multi Bayesian Network*, en lugar del clasificador bayesiano de red (*Bayesian Network*).

Esta elección se produce porque el primero, el clasificador de redes multi-bayesiano, consta de una única red con diferentes elementos seleccionados para cada clase, además éstas diferentes variables de salida pueden interactuar entre sí directamente. Sin embargo, el segundo es un algoritmo que acepta la entrada de cualquier cantidad de variables continuas o discretas, entrenados empíricamente o mediante una distribución asignada a cada entrada manualmente, produciendo de las muestras de entrenamiento una métrica de consulta que indica la bondad de acierto y por tanto la probabilidad de ser asignado al objeto (Chepkochei, 2011).

En la siguiente pestaña que nos ofrece la interfaz del programa se introducirán las muestras de aprendizaje. Usaremos esta pestaña para agregar, borrar y aceptar las muestras de entrenamiento, que generamos manualmente mediante las herramientas que nos ofrece en programa (Figura 3) o que añadiremos como AOIs generados previamente.



Figura 3. Herramientas RPP. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

La segmentación de imágenes se ocupa de descomponer la imagen en sus partes constituyentes, basándose en ciertas características que nos permiten distinguir los objetos en los que estamos interesados, de aquellos que pertenecen al fondo de la imagen. Por tanto, cuando introducimos una muestra de entrenamiento en este software se debe indicar si pertenecen a una clase o a la otra.

También existe la posibilidad de introducir dos tipos de muestras de entrenamiento, las muestras de píxeles y las muestras de objetos. Las primeras deben ser medibles como valores de píxeles, siendo adimensionales, como sería el caso del color o la textura. Mientras que los segundos miden atributos dimensionales y las relaciones espaciales, como por ejemplo la forma o el tamaño. Una vez hemos agregado y aceptado el conjunto de datos de entrenamiento, se asignan valores de probabilidad más altos mediante la lógica difusa a aquellos píxeles cuyos valores son similares a los que poseen los píxeles en las muestras de entrenamiento y que no pertenecen al fondo. Los valores de probabilidad más bajos, por el contrario, se asignan a píxeles cuyos valores son similares a los de los píxeles en las muestras de aprendizaje de fondo o diferentes de los valores de las muestras que no son de fondo. Este proceso genera un archivo “RPP.img” (Figura 4), que se trata de una imagen donde podemos observar los elementos con una probabilidad de pertenencia según las muestras de aprendizaje que hemos introducido.



Figura 4. Ráster Pixel Procesor correspondiente al núcleo de Langa del Castillo. En blanco, zonas con alta probabilidad; en negro, píxeles con baja probabilidad.

- ROC: Raster Object Creators

En este paso vamos a generar la segmentación propiamente dicha, puesto que el programa ya sabe distinguir los píxeles en los que estamos interesados, a través de los valores de los atributos (cues) que ha seleccionado mediante el conjunto de datos de entrenamiento que le hemos indicado en el paso anterior. Procedemos a dividir la imagen en regiones significativamente homogéneas que cubren completamente la imagen para simplificar la representación de la imagen y, que de este modo resulte más significativa y sencilla de analizar. Los píxeles de un objeto poseen valores digitales similares, que tienen forma, tamaño y relación geométrica con el mundo real que modela y, al mismo tiempo, son diferentes de las características que poseen los píxeles situados en las regiones adyacentes.

Existen numerosos algoritmos de segmentación, pero este software nos ofrece la posibilidad de elegir entre estos: *Centerline and Clump*, *Centerline Detect* (detecta líneas centrales), *Line Threshold and Clump* (agrupa límites y bordes asignando el valor de los píxeles al umbral correspondiente) *Ribbon and Clump* (detecta objetos similares a cintas), *Segmentation*, *Segmentation_LambdaSchedule*, y *Threshold and Clump* (agrupa píxeles con una probabilidad mayor o igual que el límite). En este caso, emplearemos el algoritmo de segmentación *Lambda-Schedule* que fusiona segmentos en función de características espaciales y espectrales similares, en lugar de la segmentación estándar, ya que ésta solo considera el contenido espectral. El algoritmo aplicado es la siguiente ecuación, para la cual f es el valor de fusión, w el peso o la ponderación para la variabilidad en color y h la variabilidad permitida en color y forma:

$$f = w \cdot h_{color} + (1 - w) \cdot h_{forma} \quad (1)$$

En la pestaña de propiedades, que aparece al seleccionar la Segmentación Lambda-Schedule (Figura 5), tenemos diversas opciones que ajustar para que se realice la segmentación. Por un lado, tenemos la posibilidad de modificar en número promedio de píxeles contenidos en cada segmento que va a producir el programa, mediante el apartado de *Segment Ratio*. En la parte inferior podemos limitar también el tamaño de los segmentos gracias a *Size Limits*, lo que nos da la posibilidad de crear objetos más grandes o pequeños según necesidad. Y, por otro lado, entre las dos secciones nombradas, encontramos un recuadro al que denomina *Relative Weights*, en ese espacio se puede modificar el valor de los criterios, que emplea el software, para la asignación de píxeles que tendrá cada de objetos homogéneo. Estos parámetros son los que asignan el “costo de fusión”, es decir, el grado de ajuste al que tiene que ceñirse el programa para fusionar o no varios objetos. Las fusiones se basan en criterio de homogeneidad local que estima el grado de ajuste de cada posible combinación de regiones. A este procedimiento por el cual los objetos resultantes varían en función del grado de ajuste se le denomina como parámetro de escala (Baatz & Schäpe, 2000).

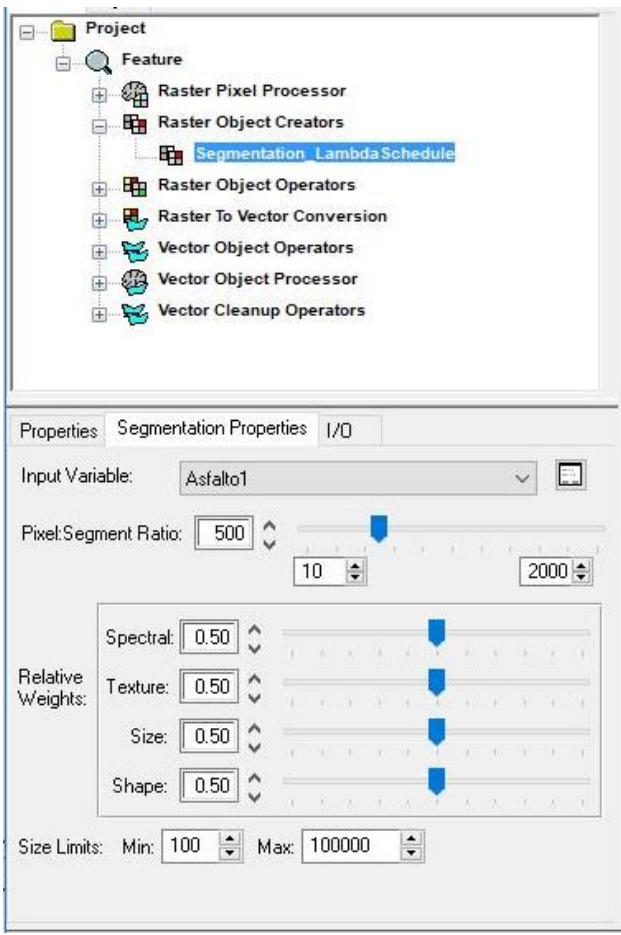


Figura 5. Segmentación Lambda-Schedule. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

El parámetro de escala es muy importante, puesto que determina el máximo permitido en la heterogeneidad de los objetos. Se trata de una medida determinada por el usuario que establece el tamaño de los objetos resultantes de forma indirecta. La selección de una escala óptima es una cuestión muy debatida, ésta debe ser adaptable, puesto que si se emplea erróneamente puede generar una excesiva simplificación o una sobresegmentación, es decir, un objeto pequeño con demasiadas segmentaciones y escasa variabilidad, por lo cual se ha optado por un algoritmo de segmentación multiresolución (munticriterio), aunque lo habitual es probar que parámetro de escala se adapta mejor (Baatz & Schäpe, 2000; Blaschke & Hay, 2001; Burnett & Blaschke, 2003; Tzotsos *et al.*, 2010).

Los criterios que pueden definirse para el parámetro escala en el apartado de “pesos relativos” se miden de cero a uno. El primer criterio que nos encontramos es el peso del componente espectral, descrito como la media aritmética de los valores de los niveles digitales en los píxeles, por bandas espectrales, en cada segmento. Si este componente es alto los segmentos serán más homogéneos espectralmente. A continuación, la textura, describe la distribución espacial de los valores de intensidad de la imagen y es medida como la desviación estándar de los valores en los niveles digitales de los píxeles de cada segmento. El tamaño se mide por el número de píxeles en los segmentos, cuanto más alto es el valor se producirán segmentos más homogéneos en tamaño. Por último, la forma proporciona información sobre la complejidad del contorno de los objetos y genera regiones compactas.

Mediante el ajuste de estos criterios hemos transformado una capa de probabilidad en una capa de objetos ráster definidos, formados por píxeles homogéneamente significativos, que poseen una tabla de atributos y una identificación. Esta capa se denomina “ROC.img” y podemos observar un ejemplo en la figura 6.

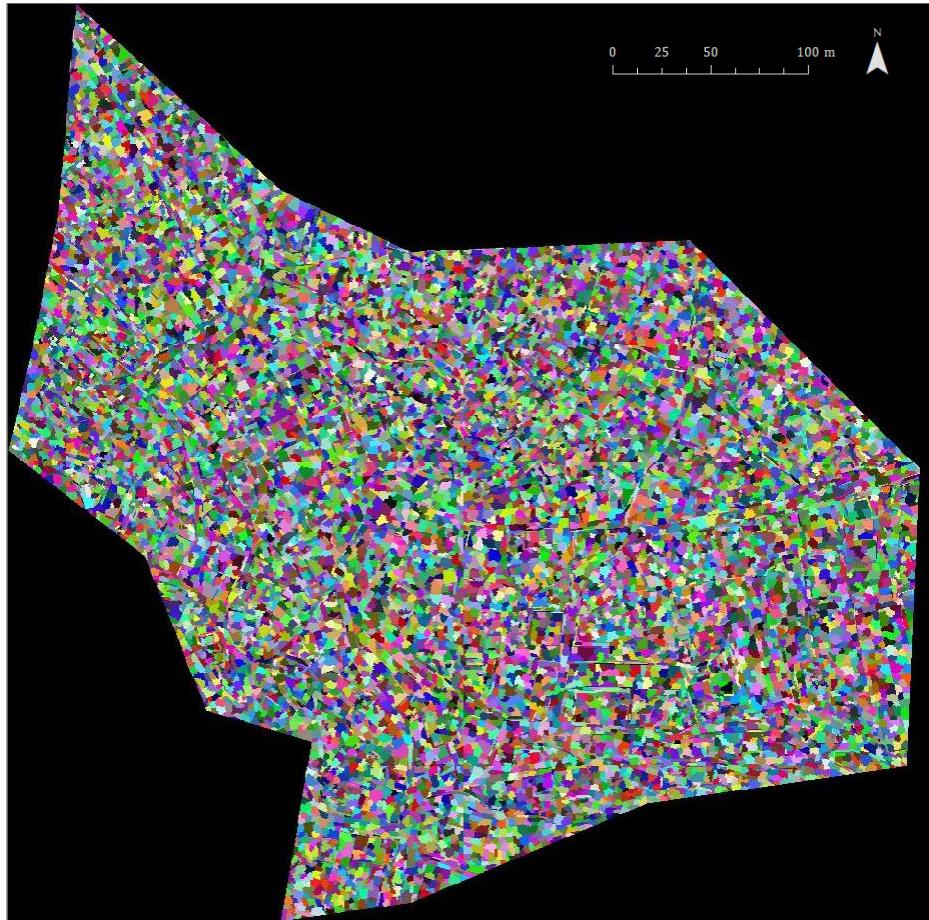


Figura 6. Imagen ROC correspondiente al núcleo de Godojos

- ROO: Raster Object Operators

En esta apartado se realiza la manipulación de la segmentación creada en el *Raster Object Creators*, mediante una selección de operadores se mejorará la eficiencia del modelo. El empleo de estos filtros genera un procesamiento más eficaz del modelo en las etapas posteriores, puesto que se procesan un menor número de objetos ráster. Los operadores que nos ofrece el programa y su utilidad se detallan a continuación:

- *Dilate* (Dilatar): este operador expande objetos ráster, agregando todos los píxeles adyacentes al objeto ráster.
- *Erode* (Erosión): este filtro reduce objetos ráster mediante la eliminación de todos los píxeles que tenga píxeles vecinos que no estén incluidos en el objeto.

- *Thinning* (Adelgazamiento): este operador extrae el esqueleto de objetos ráster mediante una operación de reducción.
- *Eliminate* (Eliminar): este filtro permite que el usuario especifique un tamaño mínimo, de modo que los grupos más pequeños que el número indicado son eliminados. Realiza un filtro de focal de mayoría de forma iterativa, de modo que el valor de los objetos grandes sobrescribe el valor de los grupos de píxeles pequeños. Con cada iteración, el borde exterior de un píxel de ancho del objeto pequeño es reemplazado por valores de los objetos más grandes que lo rodean, hasta que sobrepasen el mínimo.
- *Centerline Convert* (convertidor de línea central): se detecta y convierte la línea central desde un objeto ráster, en el que cada línea central detectada en un objeto tendrá su propio atributo de ancho.
- *Clump Size filter* (Filtro de agrupamiento por tamaños): este operador filtra los objetos ráster que se han agrupado con todos los objetos vecinos conectados. Estos objetos están por debajo de un umbral de tamaño mínimo especificado y se conservan los objetos originales.
- *Focal*: este operador aplica un filtro de moda, reemplazando cada píxel con el valor de píxel más común dentro de una vecindad cuadrada alrededor del píxel. Puede emplearse para eliminar pequeñas áreas de fondo dentro de un objeto o objetos pequeños rodeados de fondo.
- *Segment Merge* (unión de segmentos): este operador combina objetos adyacentes para formar objetos ráster agregados con una mayor probabilidad. El operador comienza identificando los objetos que tienen la mayor probabilidad, luego cada objeto vecino se fusiona con el objeto inicial, resultando un objeto fusionado con la probabilidad calculada por el procesador de objetos vectoriales. Esta fusión continúa de forma iterativa guardándose el objeto fusionado con la probabilidad combinada más alta.
- *Probability Filter* (Filtro de probabilidad): este filtro elimina los objetos ráster cuya probabilidad media sea menos que la probabilidad mínima especificada.
- *ReClump* (ReAgrupar): esta función realiza un agrupamiento de los objetos ráster. En este caso la capa de entrada se compone de objetos ráster que se han dividido, unido o filtrado por otros operadores, y ya no tiene valores de agrupamiento correctos, por lo que renumerará los objetos para que cada uno posea un valor único.
- *Size Filter* (Filtro de tamaño): este operador filtra los objetos ráster que son demasiado pequeños, demasiado grandes o ambos. Permite restringir el grupo de objetos a aquellos que poseen un tamaño apropiado.

Como resultado, se obtienen objetos cuyas características poseen un mayor poder separador de las clases, según las muestras proporcionadas, que serán las empleadas en el resto de la clasificación. En esta fase se ha generado un archivo “R00.jpg” (Figura 7).

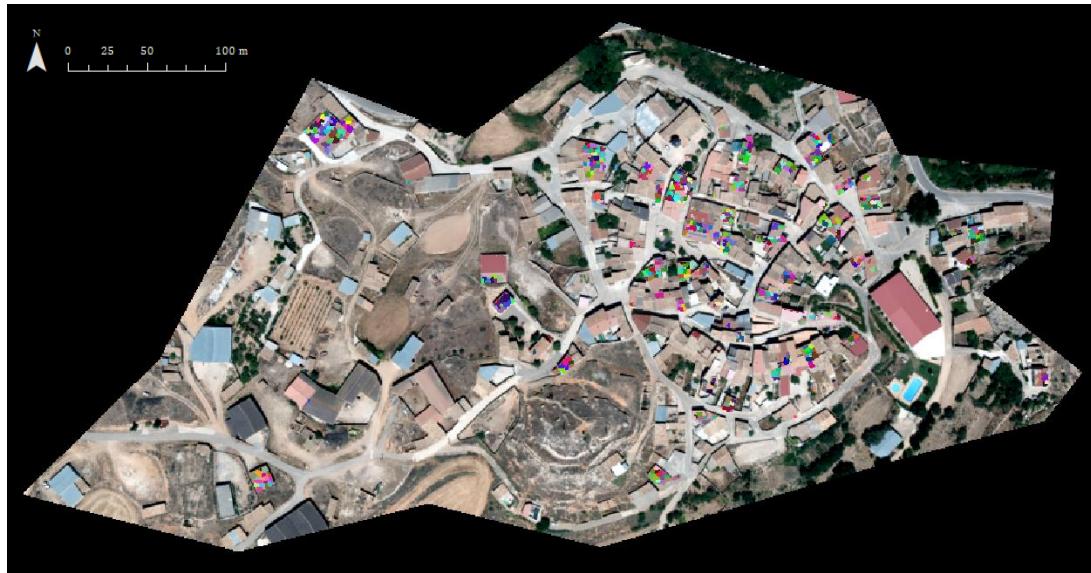


Figura 7. Imagen R00 correspondiente al núcleo de Moneva

- **RVC: Raster to Vector Conversión**

En esta etapa los operadores convierten los objetos ráster identificados y filtrados de las fases anteriores en objetos vectoriales. Los operadores que pueden emplearse son *Polygon Trace* o *Line Trace*, es decir, rastreo de polígonos o de líneas, pudiendo por lo tanto vectorizar automáticamente los objetos ráster, y generar de esa forma polígonos o polilíneas. Este proceso produce un archivo “RVC.shp” como puede verse a continuación (Figura 8):



Figura 8. RVC correspondiente al núcleo de Moneva

3.4.2. Clasificación de imágenes

De esta fase depende el resultado final que obtengamos, por lo que hay que ser precisos a la hora de escoger los diferentes operadores para manipular los objetos vectoriales. En los siguientes apartados se realizará una clasificación de los objetos anteriormente generados en función de las características representativas de los objetos vectoriales y a partir del conjunto de datos de entrenamiento seleccionados por el usuario. Estas propiedades son analizadas por el programa, que realiza una clasificación automática en función de ellas.

- VOO: Vector Object Operators

Al final de la etapa anterior, hemos convertido los objetos ráster que hemos creado de la segmentación en objetos vectoriales, de modo que ahora vamos a manipular los objetos vectoriales que hemos generado. Se volverán a emplear operadores para procesar las propiedades de los objetos vectoriales, lo que mejorará el rendimiento del procesamiento posterior. Se crea durante este proceso un archivo “VOO.shp”. Las funciones que nos ofrece el programa y su utilidad se detallan a continuación, aunque se han omitido la explicación de algunas para evitar ser repetitivos (*Segment merge, Centerline y Probability filter*):

- Convex Hull: este operador elimina todas las áreas cóncavas de un objeto conectando los dos vértices adyacentes al área cóncava.

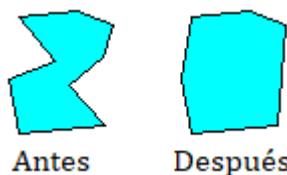


Figura 9. Convex Hull. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

- *Generalize* (Generalizar): este operador simplifica las polilíneas y polígonos mediante la eliminación de los vértices necesarios, también se emplea para eliminar el ruido.
- *Island Filter* (Filtro de isla): este filtro elimina las islas o cavidades de un objeto.
- *Line Filter, Link, Remove, Snap, to Ribbon*: se trata de filtros de línea, el primero las filtra usando los atributos de longitud y anchura. Concretamente filtra las polilíneas usando los parámetros de ancho mínimo, ancho máximo y longitud mínima. *Line Link* vincula polilíneas basada en mediciones colineales y se emplea para cerrar brechas entre segmentos detectados, que se relacionan como líneas centrales con atributos de ancho de cinta. *Line Remove* es un filtro para líneas cortas disgregadas de otras, mientras que *Snap* sirve para quitar los extremos de las líneas que están cerca de líneas vecinas, si las distancias entre ambas son pequeñas. *Line to Ribbon* es un operador que convierte polilíneas en polígonos con forma de cinta, maneja una polilínea como

línea central de la cinta que genera. Obtiene el ancho de la cinta del atributo de la polilínea o del parámetro de anchura que especifique.

- *Outlier Clipper* (Eliminador de líneas exteriores): este filtro elimina vértices extremadamente cóncavos o convexos.

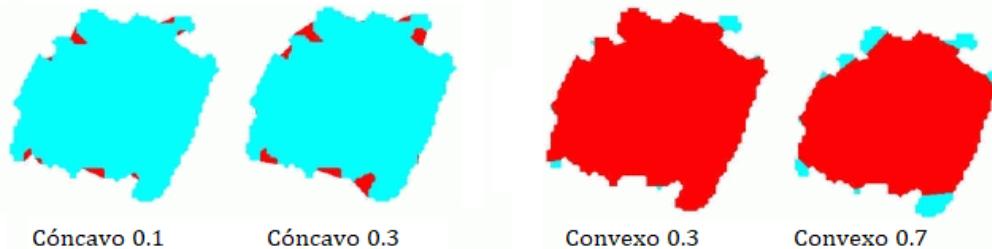


Figura 10. *Outlier Clipper*. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

- *Ribbon Filter, Link, Remove*: estos operadores son filtros de cinta, el primero es el que extrae automáticamente todas las partes similares a bandas de carreteras. *Ribbon link* vincula cintas en función de las propiedades geométricas colineales que poseen, se emplea para evitar brechas entre los segmentos de camino detectados. El último operador, *Ribbon remove*, elimina bandas cortas que se separan con otras, indicándole el usuario la misma distancia permitida para la extracción de las bandas.
- *Rough Skeleton* (esqueleto en bruto): este operador permite extraer los esqueletos en bruto de los polígonos vectoriales. El esqueleto en bruto describe el eje aproximado de la forma del polígono.
- *Split* (Division): este filtro subdivide objetos vectoriales cuya probabilidad está por debajo del umbral que el usuario establece, hasta que alcance ese umbral establecido seguirá subdividiendo.
- *Smooth* (suave): este filtro suaviza objetos poligonales en una capa vectorial. Un suavizado medio se aplica con un factor de 0.5, por encima las curvas más cerradas serán cortadas.

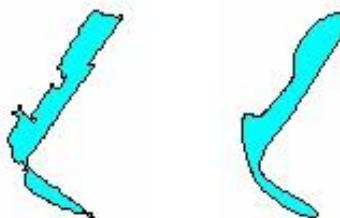


Figura 11. *Smooth* con factor 0.8. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

- *Spline* (Ranura): permite suavizar una polilínea o polígono mediante la aplicación de una “interpolación cubica suave” (*cubic spline operation*), la cual también elimina el ruido y sirve para minimizar la rugosidad.

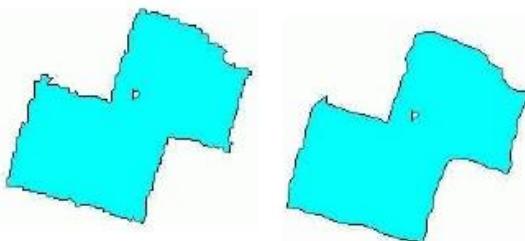


Figura 12. Spline con tolerancia 1.0. Fuente: Hexagon Geospatial (2016)

- **VOP: Vector Object processor**

En esta fase se produce la clasificación propiamente dicha (“VPO.shp”), para ello también emplea el conjunto de datos de entrenamiento como sucede en el *Raster Pixel Processor*. Sin embargo, tienen la particularidad de tratarse de objetos de entrenamiento usados con parámetros de distribución. Seleccionaremos una o más variables que definirán las métricas de entrada que se aplicarán para medir las propiedades de los objetos vectoriales. Para realizar la clasificación de los objetos vectoriales se valdrá de sus propiedades para asignar la probabilidad de pertenencia a cada objeto en un grupo de objetos vectoriales. Las variables que nos ofrece este software son abundantes por lo que nos centraremos en la que hemos empleado con todas nuestras imágenes de muy alta resolución. El clasificador empleado es el mismo usado anteriormente en el RPP, es decir, *multi bayesian network*, y la métrica empleada es el Área geométrica. Esta variable calcula el área de cada polígono, en caso de que existan islas dentro del polígono será restada del área del polígono externo, generando un atributo en la capa que contendrá el resultado de esta métrica. Aunque se han probado otras o incluso la combinación de varias no se ha obtenido una mejora en el resultado evidente, por lo que se ha decidido emplear solamente la citada.

- **VCO: Vector Cleanup Operator**

Este es el paso final en el que se asigna la clase más probable a los objetos vectoriales, generando un archivo “VCO.shp”. En este apartado los operadores de limpieza de objetos vectoriales, a continuación descritos, se emplean para producir unos objetos finales más satisfactorios desde el punto de vista cartográfico. Para no ser redundante se han omitido de esta explicación los operadores ya mencionados anteriormente como: *Centerline, convex hull, dissolve, generalize, island filter, line filter, line link, line remove, line snap, line to ribbon, outlier clipper, probability filter, ribbon filter, ribbon link, ribbon remove, rough skeleton, smooth, spline*. Las opciones que el software nos ofrece son:

- *Dissolve* (Disolver): Este operador deshace los límites entre objetos adyacentes de la misma clase, formando un objeto vectorial más grande.
- *Oriented Boundin box* (Caja de delimitación orientada): este operador convierte los objetos vectoriales en un objeto rectangular orientado con

una longitud del eje primario del objeto y una anchura del eje secundario del objeto.

- *Minumun Boundin box* (Caja de delimitación mínima): este filtro convierte los objetos del polígono vectorial en el polígono rectangular de área mínima que contiene el objeto de entrada.
- *Orthogonality* (Ortogonalidad): este filtro primero suaviza y generaliza el objeto vectorial, después los segmentos del objeto que caen por debajo del umbral del ángulo o segmento, establecido por el usuario, se eliminan del objeto. Los segmentos restantes rotan alrededor del punto central del segmento al ángulo ortogonal más cercano y los segmentos se vuelven a intersecar.
- *Polygon change* (Cambio de polígono): este operador compara los resultados de los polígonos calculados por este modelo con un conjunto de polígonos de otra fuente. El operador decide qué polígonos escribir en la capa de salida en función de qué polígono coincidente tiene la mayor probabilidad de los dos.
- *Split by skeleton* (División por esqueleto): este operador divide los polígonos en diferentes partes en función de su esqueleto, que es empleado para adquirir su subpolígono correspondiente, el cual puede tener parte superpuestas o perder vértices del polígono original.
- *Template match* (Plantilla partida): este operador reemplaza todos los objetos vectoriales con la plantilla especificada, esta es un objeto plantilla escalado automáticamente, si no se especifica lo contrario, y se gira para que coincida mejor con los objetos vectoriales originales.

3.5. Validación

La validación de los productos cartográficos obtenidos mediante OBIA se ha realizado comparándolos visualmente con otras fuentes de información a partir de una muestra representativa.

En el caso de los núcleos de población de Godojos, Langa del Castillo y Moneva se utilizan imágenes de muy alta resolución y la propia cartografía 1:1.000 derivada. A su vez, esta última fue validada en el contexto de la realización de las prácticas realizadas en el IGEAR mediante la inspección de un total de 28 núcleos rurales de la provincia de Aragón (Tabla 1). Concretamente este proceso de verificación consistió en una comparación visual con las ortoimágenes de muy alta resolución que acompañaban a esta cartografía 1:1.000, la cartografía del catastro, el visor web del IDEAragon y las imágenes a vista de calle de Google, debido a la imposibilidad de desplazamiento durante el periodo de prácticas. Las imágenes a vista de calle se emplearon tan solo para verificar los posibles aleros y salientes de las viviendas, puesto que para ello no era necesario una imagen tan actual, pero sí que ofreciera la perspectiva a pie de calle.

En un inicio se estimó estadísticamente el tamaño de la muestra pero, debido al elevado número de elementos a validar para cada núcleo, se optó por un número menor en acuerdo con los técnicos del IGEAR, en función de la disponibilidad de tiempo y recursos que las prácticas requerían.

Tabla 1. Listado de núcleos rurales validados en el IGEAR.

Núcleos	Provincias
Acered	Zaragoza
Artieda	Zaragoza
Atea	Zaragoza
Baños de Segura	Teruel
Crivillén	Teruel
Godojos	Zaragoza
Godos	Teruel
Jorcás	Teruel
La Zoma	Teruel
Lagata	Zaragoza
Langa del Castillo	Zaragoza
Lechón	Zaragoza
Masegos	Teruel
Mases de Crivillén	Teruel
Moneva	Zaragoza
Nombrevilla	Zaragoza
Piracés	Huesca
Retascón	Zaragoza
Salillas	Huesca
Santa Cruz de Nogueras	Teruel
Segura de los Baños	Teruel
Toril	Teruel
Torralbilla	Zaragoza
Torre de las Arcas	Teruel
Torrecilla del Rebollar	Teruel
Valdehorna	Zaragoza
Villanueva del Rebollar de la Sierra	Teruel
Villar del Salz	Teruel

Una vez se acordó el número de elementos de muestreo para la validación visual (30), se distribuyeron de forma aleatoria empleando el software ArcGis, mediante la herramienta *Subset features* del *Geostatistical Analyst*, tras lo cual se crearon las tablas en las que se anotaban los resultados (Tabla 2).

Tabla 2. Ejemplo de los resultados obtenidos en la validación de la cartografía 1:1.000.

Nº	FID	Shape	Elemento	Verificación	Incidencia
1	148	Point ZM	Árbol	Correcto	
3	718	Point ZM	Farola	Correcto	
4	909	Point ZM	Banco	Correcto	
5	961	Point ZM	Boca alcantarilla	Correcto	
6	1472	Point ZM	Punto acotado	Correcto	
13	885	Point ZM	Registro alcantarilla	Correcto	
16	720	Polyline ZM	Medianeras	Error	Quiebro inexistente
19	1897	Polyline ZM	Edificio	Error	Falta contrafuertes
24	1914	Polyline ZM	Medianeras	Correcto	
28	3035	Polyline ZM	Curva de nivel	Correcto	
29	3691	Polyline ZM	Terraplén	Correcto	

De acuerdo con los técnicos se consideró positiva la cartografía urbana que no excedía un error máximo de un 5%, es decir, si alcanzaba una precisión superior o igual al 95% tras calcular la proporcionalidad directa del total de errores de los elementos verificados. En los núcleos en los que se obtuvo un porcentaje de error por encima del 5% se decidió ampliar la muestra a 30 elementos, resultando los porcentajes mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentajes de precisión resultantes de la cartografía 1:1.000

Núcleos	% Precisión	Ampliación	Total
Atea	87%	97%	92%
Baños del Segura	90%	97%	93.50%
Godojos	73%	97%	73.97%
Jorcas	93%	100%	93.10%
La Zoma	93%	100%	93.10%
Langa del Castillo	80%	97%	88.50%
Moneva	86%	97%	91.50%
Nombrevilla	93%	100%	96.50%
Segura de los Baños	93%	97%	95%
Torralbilla	89%	100%	94.50%
Torre de Arcas	93%	100%	96.50%
Villar de Salz	88%	97%	92.50%

No obstante, esta cartografía previa ha complicado otro tipo de validaciones, puesto que requería de excesivas modificaciones topológicas para poder realizar, por ejemplo, una validación por superposición. De forma que se ha descartado al requerir de una inversión temporal desmesurada en preparar la cartografía adecuadamente para poder implementarla. En cuanto al empleo de otro tipo de validaciones, nos ha obstaculizado el hecho de tratarse de una cartografía en formato vectorial, puesto que métodos automatizados como la validación cruzada a través de interpolaciones son empleadas sobre formatos ráster. De ésta forma se concluyó que, aunque la validación visual era un método más tradicional, en este caso, era el que mejor se adaptaba a nuestras necesidades.

Los núcleos con el porcentaje total más bajo durante la validación visual fueron los seleccionados para aplicarles la metodología de clasificación basada en objetos, cuya validación se ha realizado del mismo modo que la cartografía 1:1.000

(IGEAR), es decir, mediante un análisis visual de una muestra representativa de elementos aleatorios. Sin embargo, para el distrito Universidad de Zaragoza se contó con la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25), la cartografía del catastro y la toma de puntos de control recogidos con la aplicación OruxMaps.

Para los núcleos rurales se contó también con nuestro criterio experto, puesto que los núcleos ya habían sido validados anteriormente y, en consecuencia, se tenía un gran conocimiento de los mismos.

Para la verificación en ambos casos se empleó la fórmula para calcular el tamaño de la muestra que aparece bajo estas líneas. Para un total de 4.263 polígonos esta fórmula nos indica que ha de tomarse una muestra de 353 polígonos que validar. A continuación, se crea la muestra aleatoria mediante un *subset* con la herramienta de Arcgis *Geoestatistical Analyst* (Anexo II). Se van a usar también otros estadísticos como la matriz de confusión, de la que se extraerá los errores de omisión y comisión para poder valorar la precisión de la metodología empleada, así como la fiabilidad del usuario y del productor. También se calculará el índice de *Kappa* para analizar la diferencia entre el grado de exactitud de la clasificación y el que podría generarse por azar (Chuvieco, 2010).

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2+\sigma^2Z^2} \quad (2)$$

n= el tamaño de la muestra.

N = número de polígonos.

σ = desviación estándar, cuando no se tiene su valor, se utiliza un valor constante de 0,5.

Z = es el valor obtenido mediante niveles de confianza (95% de confianza equivale a 1,96).

e = Límite aceptable de error muestral (1%).

4. Resultados y Discusión

El resultado obtenido de la clasificación de imágenes de muy alta resolución mediante el enfoque OBIA es una cartografía de polígonos en formato vectorial, clasificados y asignados a la clase más probable. La obtención de objetos se ha efectuado empíricamente, buscando el factor de escala que permitiera aislar de la mejor forma los objetos durante la segmentación, del mismo modo que los operadores adecuados para el resto de parámetros. Durante la segmentación ha resultado crucial tanto la correcta definición del conjunto de datos de entrenamiento, como la correcta elección de los parámetros en la segmentación propiamente dicha. Del mismo modo, la elección de los operadores durante todo el proceso, es fundamental para la correcta asignación final de los elementos.

A continuación, se muestran una serie de tablas (Tablas 4-7) en las que se recogen para cada elemento y área, los operadores empleados en las diferentes etapas.

En el *Raster Pixel Processor* se empleó para todos los elementos la probabilidad de característica única (SFP) con un clasificador multi-bayesiano, como ya se ha indicado anteriormente, por lo que en las tablas se indica solamente el número de muestras de entrenamiento tomadas. En el *Raster Object Creators* se indicará numéricamente sólo los pesos relativos que se han seleccionado (min. 0, máx. 1), pues los límites de tamaño se han fijado para todos como óptimos con un mínimo de 100 y un máximo de 100.000 píxeles por objeto y una ratio de segmentación de 500 píxeles. El orden en el que aparecen los pesos relativos son: espectral, textura, tamaño y forma. El parámetro de *Raster to Vector Conversion* no se ha incluido debido a que se selecciona para todos los elementos estudiados el operador *Polygon Trace* para generar polígonos vectoriales de todos los objetos. Del mismo modo, para el *Vector Object Processor* se ha escogido la métrica de “Área geométrica” puesto que era la que mejores resultados no ofrecía. En el resto de parámetros se indican los diversos operadores seleccionados y en el orden que han sido introducidos, así como propiedades que han sido modificadas.

Tabla 4. Variable teja

Núcleos	Feature	Operadores	Propiedades
Godojos	RPP	52	
	ROC	0.90; 0.70; 0.60; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.50
		Clump Size Filter	1000
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	
		Generalize	1.00
Langa del Castillo	RPP	46	
	ROC	0.80; 0.60; 0.50; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.40
		Clump Size Filter	1000
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	
Moneva	RPP	60	
	ROC	0.60; 0.80; 0.60; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.30
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	
Universidad (Zaragoza)	RPP	53	
	ROC	0.80; 0.60; 0.50; 0.70	
	ROO	Probability Filter	0.30
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	

Tabla 5. Variable chapa

Núcleos	Feature	Operadores	Propiedades
Godojos	RPP	30	
	ROC	0.60; 0.80; 0.50; 0.60	
	ROO	Probability Filter	0.40
		Clump Size Filter	1000
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	
		Outlier Clipper	Cóncavo 0.80
Langa del Castillo	RPP	35	
	ROC	0.70; 0.80; 0.50; 0.60	
	ROO	Probability Filter	0.40
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
Moneva	RPP	48	
	ROC	0.70; 0.70; 0.60; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.40
	VOO	Generalize	
	VCO	Dissolve	
		Island Filter	
		Generalize	1.00
		Outlier Clipper	Cóncavo 0.20
Universidad (Zaragoza)	RPP	28	
	ROC	0.60; 0.60; 0.70; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.60
		Clump Size Filter	1200
	VOO	Generalize	
	VCO	Dissolve	

Tabla 6. Variable asfalto

Núcleos	Feature	Operadores	Propiedades
Godojos	RPP	55	
	ROC	0.70; 0.60; 0.50; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.60
		Segment Merge	
		Clump Size Filer	300
		VOO	Generalize
		VCO	0.50
			Convex Hull
			Dissolve
			Island Filter
			Generalize 1.30
Langa del Castillo	RPP	37	
	ROC	0.80; 0.60; 0.50; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.40
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Outlier Clipper	Cóncavo 0.30
		Dissolve	
		Generalize	1.50
Moneva	RPP	36	
	ROC	0.60; 0.50; 0.50; 0.60	
	ROO	Probability Filter	0.50
	VOO	Clump Size Filter	1000
	VCO	Generalize	0.50
		Dissolve	
		Generalize	1.50
Universidad (Zaragoza)	RPP	15	
	ROC	0.70; 0.70; 0.50; 0.50	
	ROO	Probability Filter	0.30
	VOO	Clump Size Filter	800
	VCO	Generalize	0.50
		Dissolve	
		Outlier Clipper	Cóncavo 0.40

Tabla 7. Variable piscina

Núcleos	Feature	Operadores	Propiedades
Moneva	RPP	40	
	ROC	0.90; 0.60; 0.50; 0.60	
	ROO	Probability Filter	0.70
		Dilate	
	VOO	Segment Merge	
	VCO	Dissolve	
		Outlier Clipper	Cóncavo 0.40
		Generalize	0.30
Universidad (Zaragoza)	RPP	50	
	ROC	0.80; 0.60; 0.50; 0.60	
	ROO	Probability Filter	0.30
	VOO	Generalize	0.50
	VCO	Dissolve	
		Spline	0.30

Algunos de los operadores se repiten habitualmente en los distintos núcleos e incluso en los distintos elementos que hemos clasificado. Este es el caso del filtro de probabilidad y el filtro de tamaño en el *Raster Object Operators*, el primero lo encontramos en la mayoría de las combinaciones, es necesario para hacer una primera clasificación después de la segmentación de los objetos con alta probabilidad. En cuanto al filtro de tamaño (Clump size filter), aparece en menor medida, pero filtra los objetos demasiado pequeños restringiéndolos, lo que mejora la eficiencia al procesar menos objetos en las etapas posteriores.

En la última fase también se usan generalmente ciertos operadores de forma habitual para producir objetos más satisfactorios, puesto que son los que mejores resultados ofrecen. Por un lado, el operador para disolver los objetos y así obtener un menor número de objetos vectoriales, suele producir ciertos huecos en el interior de los polígonos por lo que se emplea el filtro de isla para eliminarlos. Por último, empleamos un operador para simplificar el borde de los polígonos, como es el caso del operador *Generalize* o *Outlier Clipper*.

En cuanto a la validación, se han verificado visualmente un total de 352 polígonos seleccionados de forma aleatoria. De los cuales 25 pertenecían a Godojos que ha obtenido una exactitud global del 64%, donde se han clasificado erróneamente un 20% del elemento teja y un 16% de chapa, obteniendo un 100% de acierto en asfalto. En este núcleo rural las tejas y el suelo desnudo presentan similitudes espectrales que han generado errores de omisión debido a la creación de muchos objetos en suelo desnudo. De un modo similar ha ocurrido con el elemento chapa, que ha sido incorrectamente clasificado al interpretar erróneamente el asfalto y otro tipo de techumbres, probablemente causado por la alta variabilidad cromática, que ha sido suplida en la segmentación con un predominio de la textura sobre el resto de variables. Sin embargo, a pesar de tener un asfalto bastante heterogéneo lo ha clasificado perfectamente, aunque existen

calles en las que las viviendas proyectan una gran sombra que ha sido imposible que clasificara como asfalto.

Para Moneva se han examinado 102 objetos produciendo una fiabilidad del 72%, de ellos un error del 25% pertenece al elemento teja, para la que ha clasificado suelo desnudo, como ocurría en Godojos y, tan solo un 3% de los polígonos de asfalto fueron clasificados erróneamente, produciéndose un total de acierto para chapa. En Langa del Castillo han sido verificados 127 elementos, alcanzando una exactitud del 74%. Un 19% corresponde a errores en el elemento teja, el cual se confunde con otros materiales o suelo desnudo y, un 7% a chapa, que confunde con asfalto, que por su parte posee un acierto total. Respecto al distrito de Universidad de Zaragoza ha resultado una precisión del 77%, correspondiendo un 11% del error a teja, que clasifica otros materiales con los que comparte gran similitud espectral, 8% a asfalto que confunde con materiales espectralmente parecidos o sombras y 4% en chapa que confunde con otros materiales como cemento, produciéndose un acierto total en el elemento piscinas.

Al comparar los porcentajes obtenidos en validación de la metodología OBIA con los obtenidos en la validación de la cartografía derivada (Tabla 8), podemos deducir fácilmente que a pesar de haber obtenido unos resultados aceptables, la cartografía derivada sigue siendo más eficiente para identificar los elementos que la componen. Aunque la cartografía derivada también posee errores procedentes de su creación a partir de la fotointerpretación, como son los aleros y salientes de edificios, difíciles de identificar y de corregir. Además, cabe mencionar que la metodología planteada identifica materiales, no solo estructuras, por eso en este contexto hemos obtenido una clasificación eficiente, capaz de determinar diferentes materiales en ámbitos heterogéneos como Zaragoza y en áreas más homogéneas como los núcleos rurales.

Tabla 8. Comparativa de los porcentajes de precisión obtenidos en ambas validaciones y tras la ampliación de la cartografía derivada.

Núcleos	% Precisión	Total	OBIA
Godojos	73%	73.97%	64%
Langa del Castillo	80%	88.50%	74%
Moneva	86%	91.50%	72%
Universidad	-	-	77%

Se ha creado una matriz de confusión a partir de la clasificación de los puntos de muestreo validados y de la verdad terreno, que en este caso son las imágenes de muy alta resolución (Tabla 9). En ella observamos como la exactitud del usuario (complemento del error de comisión) es muy elevada, siendo perfecta en la clasificación hecha sobre los elementos teja y piscinas, pero con un porcentaje de errores mayor en asfalto, causado por la diversidad de asfaltos de los distintos núcleos. En cuanto a la exactitud del productor (complemento del error de omisión) es perfecta a la hora de clasificar las piscinas, bastante exacta con el asfalto a pesar de los errores de comisión en esta clase, los cuales se clasifican sobre todo como teja. El mayor error de confusión se produce por asignación de las techumbres de chapa a otras categorías no clasificadas y en menor porcentaje se por asfalto. Cabe destacar que el elemento piscinas ha sido clasificado perfectamente, debido a que se trata de

un elemento bien definido espectralmente y con una textura lisa. Su homogeneidad facilita su detección y clasificación de forma clara, al contrario que ocurre con las techumbres, puesto que en muchas ocasiones espectralmente son diferentes y tienen texturas parecidas entre ellas, lo cual dificulta su clasificación.

Tabla 9. Matriz de confusión para la clasificación

Clasif./ Ref.	Teja	Chapa	Asfalto	Piscina	No Clasif.	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
Teja	203	1	0	0	0	204	100%	0%
Chapa	3	18	1	0	0	22	82%	18%
Asfalto	11	4	45	0	0	60	75%	25%
Piscina	0	0	0	3	0	3	100%	0%
No Clasif.	41	12	10	0	0	63	0%	100%
Total	258	35	56	3	0	352		
Exactitud productor	79%	51%	80%	100%	0%			
Error omisión	21%	49%	20%	0%	0%			

En un análisis más exhaustivo podemos comprobar como casi no existen interferencias en la clasificación de los elementos, pero si se ven alterados por otros. Estos errores de omisión se encuentran en una cantidad mayor en el elemento teja, debido al mayor número de elementos de esta clase, puesto que casi todos los píxeles se clasificaron en otras categorías, principalmente como no clasificadas. Esto es causado esencialmente porque se clasifican zonas de suelo desnudo, que poseen una similitud espectral a la mayoría de los tejados antiguos, pistas de futbol rojizas, y pequeñas zonas de sombra. También se ve alterada por asfalto y chapa, causado por sombras o las tonalidades que poseen. El coeficiente de concordancia Kappa (k) ha dado un valor de 55%, presentando un acuerdo moderado puesto que la concordancia solo es levemente mayor que la esperada por azar.

El elemento chapa tiene el mayor porcentaje de errores por omisión, fundamentalmente por categorizar objetos como no clasificados, a causa de terrazas y suelos con tonalidades oscuras y texturas similares. Existe también un error en esta clasificación con el asfalto, evidenciada sobre todo en Langa del Castillo donde clasifica una calle entera como chapa. En este núcleo ocurre algo similar con el asfalto, puesto que clasifica techumbres de chapa debido a que tienen tonalidades y formas parecidas. Pero el elemento asfalto tiene, como los anteriores elementos, el mayor número de errores por omisión en clasificaciones de otro tipo de elementos, en este caso techumbres de materiales con espectros muy similares (Tabla 10).

Tabla 10. Ejemplos

Lugar	Clasificación	Imagen Original	Clasificación OBIA
Moneva	Suelo desnudo clasificado como teja		
Universidad (Zaragoza)	Pista de futbol clasificada como teja		
Langa del Castillo	Chapa clasificada como asfalto		
Langa del Castillo	Asfalto y teja oscura clasificada como chapa		
Universidad (Zaragoza)	Techumbres de chapa clasificadas como asfalto		

Universidad (Zaragoza)	Clasifica tejados y sombras como asfalto		
Godojos	Suelo denudo clasificado como asfalto		
Universidad (Zaragoza)	Piscinas bien clasificadas		

Un problema frecuente que nos hemos encontrado durante la clasificación es que las imágenes ópticas (área o satelital) cuando existen patrones en los que se superponen varios tipos de cubierta, recogen información principalmente de la cubierta superior, por lo que es imposible la clasificación exacta y precisa el elemento que deseamos. Ocurre por ejemplo con el elemento asfalto que se ve continuamente interrumpido por los árboles y sombras de edificios, principalmente en Zaragoza. Autores como Hermosilla han realizado estudios sobre el uso de este método para la detección de edificios, en los que emplea, entre otras, la información altimétrica mediante sistemas Lidar y el establecimiento de umbrales que eliminan la vegetación, ofreciendo buenos resultados. También utiliza la detección de sombras, con resultados dispares, para suplir la falta de información que generan (Hermosilla et. al., 2008; 2010; Hermosilla & Ruiz, 2009). Una metodología similar fue aplicada para la obtención de carreteras, obteniéndose buenos resultados (Li *et al.*, 2015), aunque en la clasificación de distintos tipos de pavimentos con esta metodología también se ha obtenido una precisión moderada (Torrijos, 2013; Torrijos y Trindade, 2013).

Dentro de los estudios sobre la segmentación (Blaschke *et al.*, 2004; Liu & Xia, 2010), este parámetro es más ampliamente desarrollado en trabajos de segmentación enfocado a usos agrícolas donde ofrecen buenos resultados, pero dificultades en coberturas heterogéneas (Cánovas *et al.*, 2013). Respecto a este tema se ha estudiado las combinaciones para el ajuste óptimo de este parámetro (Tzotsos *et al.*, 2010; Ma *et al.*, 2017), realizadas empíricamente en este trabajo, resultando óptima una combinación de un peso espectral y de textura altos para facilitar la

detección de asfalto. Para la teja la prevalencia del criterio espectral es clave para su identificación, mientras que para la chapa suele serlo la textura. En el caso de la piscina es resultado de una combinación espectral, de textura y forma. El criterio de tamaño en nuestro caso ha sido empleado puntualmente, predomina en Zaragoza para detectar el elemento chapa puesto que se trata de un elemento que adquiere diversas texturas, formas y espectros, en el resto de áreas estudiadas es un complemento con un peso minoritario. Hay que destacar que la determinación del parámetro escala, así como el resto de operadores en el software Erdas Imagine, ofrece flexibilidad para adaptarse a los objetos de cada imagen. Los modelos generados puedan ser transportables con mínimas modificaciones a otras imágenes facilitando, por ejemplo, la detección de cambios con imágenes multitemporales (Burnett & Blaschke, 2003), ajustando el conjunto de entrenamiento

Para la clasificación de usos del suelo ha resultado bastante efectiva esta metodología, si no se trata de patrones agrícolas irregulares (Perea *et al.*, 2009) o, sencillamente se encuentran ciertas dificultades cuando no se trata de usos bien definidos (Recio, 2009), confirmando nuestras dificultades a la hora de distinguir elementos heterogéneos. También ha resultado eficaz para usos forestales como en el seguimiento de especies concretas (Blanco, 2016). En comparación a la clasificación por píxel, esta metodología siempre ofrece mejores resultados, ya sea para diversas coberturas (Platt & Rapoza, 2008) o mapeo forestal (Guo *et al.* 2007). También se demuestra la eficacia de esta metodología en cuanto al ahorro de recursos (Ardila *et al.*, 2005; Hermosilla, 2009, Torrijos 2013), puesto que genera automáticamente una cartografía comprensible y fácilmente interpretable. Por otro lado, se necesitan más estudios aplicados sobre la clasificación basada en objetos y dejar de centrar los esfuerzos en demostrar las bondades de este enfoque en relación con el análisis por píxeles exclusivamente.

5. Conclusión

La mayor disponibilidad de imágenes de alta resolución espacial permite el desarrollo y aplicación de metodologías de clasificación más apropiadas. Es el caso del método de análisis de imágenes basado en objetos (OBIA) que mejora los procedimientos tradicionales, al incorporar criterios espaciales y proponer a los objetos como unidades de referencia principal. Se parte de la segmentación de la imagen en objetos, mediante la definición de un conjunto de datos de entrenamiento y el parámetro de escala. Posteriormente se procede a la clasificación mediante la definición de operadores que asignan los objetos a la clase más probable. Con este procedimiento ha sido posible identificar diferentes materiales a partir de imágenes de muy alta resolución, reduciendo así tiempo, costes y recursos.

Para la validación se ha empleado el uso de una cartografía derivada de la fotointerpretación de ortoimágenes de muy alta resolución. Mediante la validación de un muestreo aleatorio se ha comprobado el potencial de este método. En la mayoría de los casos el grado de confianza de los productos cartográficos fue aceptable ($>70\%$) y, consecuencia, puede concluirse que OBIA es un método alternativo a los procesos de clasificación visual y digital por píxel. También se considera que es necesario una continuidad en los estudios de este tipo de métodos para obtener resultados más óptimos, pues existen pocos estudios aplicados a materiales de zonas urbanas, al centrarse la mayoría en usos agrícolas o forestales e infraestructuras.

6. Bibliografía

- Aplin, P. y Smith, G.** (2008). Advances in object-based image classification. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37 (PartB7), pp. 725-728.
- Ardila, J. P.; Espejo, O. J. y Herrera, J. L.** (2005). Validación de una Metodología de Clasificación de Imágenes Satelitales en un entorno Orientado a Objetos. *Ingeniería*, 10(1), pp.61-69.
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/1877>
- Baatz, M. y Schäpe A.** (2000) Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, XII 58, pp. 12-23.
- Batty, M.** (1995): "Cities, planning, design, computation and evolution". *Environment and Planning B. Planning and Design*, vol. 22, pp. 379-382.
- Benz, U.C.; Hofmann, P.; Willhauck, G.; Lingenfelder, I. y Heynen, M.** (2003). Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58, pp. 239-258.
- Blanco, J.** (2016). *Análisis de Imágenes Basado en Objetos: evaluación de su potencial para el seguimiento de poblaciones arbustivas persistentes. Estudio de dos especies foco de conservación en un periodo de 50 años*. Trabajo de fin de master publicado, Universidad de Granada, Granada, España.
- Blaschke, T.** (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), pp. 2-16.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Blaschke, T.; Burnett, C. y Pekkarinen, A.** (2004). Image segmentation methods for object-based analysis and classification, en Jong, S.M.D. y Meer, F.D.V.D. (eds.) *Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 211-223.
- Blaschke, T.; Hay, G. J.; Kelly, M.; Lang, S.; Hofmann, P.; Addink, E., ... Tiede, D.** (2014). Geographic Object-Based Image Analysis - Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87, pp. 180-191.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014>
- Blaschke, T. y Lang, S.** (2006) *Object-Based Image Analysis for Automated Information Extraction - A Synthesis*. Proceedings of MAPPS/ASPRS. San Antonio, Texas.
- Blaschke, T. y Hay, G. J.** (2001). *Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multi scale landscape structure*. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 34(4), 22-29
<http://www.ecognition.com/sites/default/files/389 blaschke hay short paper.pdf>
- Blaschke, T.; Strobl, J.** (2001). What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *GIS Zeitschrift für Geoinformationsysteme* 14 (6), pp. 12_17.

- Burrough, P. A.** (1988). *Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press.
- Burnett, C. y Blaschke, T.** (2003). A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168, pp. 233-249.
- Cánovas, F.; Alonso, F y Gomariz, F.** (2013) Segmentación de imágenes de muy alta resolución espacial: optimización del parámetro escala del algoritmo de segmentación multiresolución. Fernandez, A.; Renau Gonzalez, R. y de Miguel, E. (eds.). *Teledetección, sistemas operacionales de observación de la tierra*. XV Congreso de la Asociación Española de Teledetección.
- Capel, H.** (1980). Sobre clasificaciones, paradigmas y cambio conceptual en Geografía. *El Basilisco: Revista de filosofía, ciencias humanas, teoría de la ciencia y de la cultura*, Nº 11, 1980, pp. 4-12.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2471990>
- Chepkochei, L.** (2011). Object-oriented image classification of individual trees using Erdas Imagine Objective: Case study of Wanjohi area, Lake Naivasha Basin, Kenya. *Proceedings, Kenya Geothermal Conference*.
<https://www.imarisha.le.ac.uk/sites/default/files/Object%20oriented%20image%20classification%20of%20individual%20trees%20using%20erdas.pdf>
- Chuvieco, E.** (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Madrid: Ariel.
- Clarke, K. C.** (1986). Advances in Geographic Information System Computers, *Environment and Urban Systems*, vol. 10, pp. 175-186.
- Domínguez, J.** (2000). *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*, pp. 1-38. Madrid: Cinemat.
- Escolano, S.** (2016). *Nociones básicas sobre los Sistemas de Información Geográfica*. Apuntes Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Fernández de Sevilla, T.** (2011). *La constelación de satélites Pleiades-HR1 y 2: De la teledetección a la fotogrametría*.
http://www.infoterra.es/asset/cms/file/geo_pleiades_fernandezdesevilla.pdf
- Galli, A. y Malinverni, E. S.** (2005). Hyperspectral data classification by object-oriented approach for the management of urban landscape. *Proceedings of International Cartographic Conference*, La Coruña, España.
- Gao, Y. y Mas, J.F.** (2008). A comparison of the performance of pixel based and object based classifications over images with various spatial resolution. *On Line Journal of Earth Science*, 2, pp. 27-35.
- Gonzalo, C.; Lillo, M.; García, A. M. y Fonseca, D.** (2012). Una metodología multiescala basada en objetos para la determinación automática de áreas de interés. Martinez, J. y Martín, P. (eds.). *Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del Cambio Global*. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica., pp. 573-580.

- Guo, Q.; Kelly, M.; Gong, P.; Liu, D.** (2007). An Object-Based Classification Approach in Mapping Tree Mortality Using High Spatial Resolution Imagery. *GIScience & Remote Sensing*, 44(1), pp. 24–47. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.44.1.24>
- Harvey, D.** (1983). *Teorías, leyes y modelos en Geografía*. Barcelona: Alianza Editorial.
- Hay, G. J. y Castilla, G.** (2006). Object-Based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT). *OBIA, 2006: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9_4
- Hay, G. J. y Castilla, G.** (2008). Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. Blaschke, T.; Lang, S. y Hay G. (Eds.). *Object Based Image Analysis*, Springer, Heidelberg, Berlin, New York (2008), pp. 75-88.
- Hay, G. J. y Blaschke, T.** (2010). Forward: special issue on Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA). *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 7 (2), pp. 121–122.
- Hermosilla, T. y Ruiz, L. A.** (2009). Detección automática de edificios combinando imágenes de satélite y datos Lidar. *Semana Geomática*, 2-4. Barcelona.
- Hermosilla, T.; Ruiz, L. A.; Fernández-Sarría, A. y Recio, J. A.** (2008). Detección automática de edificios en imágenes aéreas mediante técnicas de teledetección y análisis contextual. *Congreso Internacional sobre Ingeniería Geomática y Topográfica, TOP-CART 2008*. Valencia.
- Hermosilla, T.; Ruiz, L.A. y Recio, J.A.** (2010). Detección automática de edificios mediante imágenes de alta resolución y datos Lidar para la actualización de bases de datos cartográficas en entornos urbanos. Automatic building location using high resolution images and Lidar data for land use/land cover geospatial database updating in urban environments. *Teledetección*, 34, pp. 89-93.
- Hexagon Geospatial** (2016). Release guide Erdas Imagine.
- Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR web)**
<http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/IGEAR/NP/ci.txt que es IGEAR.detalleInaem>
- Joly, F.** (1979). *La cartografía*. Barcelona: Ariel.
- Kampouraki, M.; Wood, G.A. and Brewer, T.R.** (2008). Opportunities and limitations of object based image analysis for detecting urban impervious and vegetated surfaces using true-colour aerial photography. Blaschke, T.; Lang, S. y Hay (Eds.) *Object-Based Image Analysis-Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*, , pp. 555–569.Berlin: Springer-Verlag.
- Kuhn, T.** (1962). *The stucture of scientific revolution*. Chicago: University of Chicago.
- Kumar, S.** (2005). *Basics of Remote Sensing and GIS*. New Delhi: Laxmi Publications.
- Li, M.; Stein, A.; Bijker, W. y Zhan, Q.** (2015). Region-based urban road extraction from VHR satellite images using Binary Partition Tree. *International Journal of Applied Earth Observation and Information*, vol. 44, pp. 217-225.
- Liu, D.; Xia, F.** (2010) Assessing object-based classification: Advantages and limitations. *Remote Sens. Lett.*, 1, pp. 187–194.

- Longley, P.; Higgs, G.; Martin, D.** (1994). "The predictive use of GIS to model property valuations", *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 8, pp. 217-235.
- Ma, L.; Li, M.; Ma, X.; Cheng, L.; Du, P.; Liu, Y.** (2017). A review of supervised object-based land-cover image classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130, pp. 277-293.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001>
- Martínez, J.; Martin, P.; Diaz, J. & Muñoz, F.** (2010) *Guía didáctica de Teledetección y Medio Ambiente*. Red Nacional de Teledetección Ambiental.
- Maza, F.** (2008). *Introducción a la topografía y a la cartografía aplicada*. Universidad de Alcalá.
- Navulur, K.** (2006). *Multispectral Image Analysis Using the Object- Oriented Paradigm*. New York: CRC Press.
- NCGIA** (1990) *Initiative 12: GIS and Remote Sensing*.
- Pardo, J. y Segura, F.** (2011). *Los avances de la cartografía: hacia la tercera dimensión*. Universidad de Valencia .
<https://metode.es/revistas-metode/monograficos/los-avances-de-la-cartografia-hacia-la-tercera-dimension.html>
- Perea, A. J., Meroño J. E., Aguilera, M. J.** (2009). Clasificación Orientada a Objetos en fotografías aéreas digitales para la discriminación de usos del suelo. *Interciencia*, vol. 34, 9, pp. 612-616.
- Pérez, P.; González J. C.; Palazón, J. A.** (2004). La teledetección en la planificación territorial. Aplicación de técnicas de clasificación para la elaboración de cartografía de los usos del suelo. En *El empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación Territorial*. XI Congreso Nacional de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, pp. 27-42. Murcia
- Platt, R. V. y Rapoza, L.** (2008). An Evaluation of an Object-Oriented Paradigm for Land Use/Land Cover Classification. *The Professional Geographer*, 60(1), pp. 87-100.
<https://doi.org/10.1080/00330120701724152>
- Rodríguez, J y Olivella, R.** (2009). *Introducción a los sistemas de información geográfica. Conceptos y operaciones fundamentales*. Universidad Abierta de Cataluña.
- Recio, J. A.** (2009). *Técnicas de extracción de características y clasificación de imágenes orientada a objetos aplicadas a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo*. Tesis Doctoral publicada, Universidad Valencia, Valencia, España.
- Santos, J. M.; Azcárate, M. V.; Cocero, D.** (2012). La cartografía catastral urbana y su utilización en un entorno SIG. Aplicación al estudio del desarrollo residencial del sur de Madrid. *Nimbus*, pp. 671-685
- Seguí, J. M.; Martínez, M. R.** (2003). "Pluralidad de métodos y renovación conceptual en la geografía de los transportes del siglo XXI". *Scripta Nova*, vol. 7, pp. 139.
- Sui, D. Z.** (1994): "GIS and Urban studies: Positivism, post-Positivism, and beyond", *Urban Studies*, vol. 45, 3., pp. 258-278.

- Torrijos, G.** (2013). Classification of types of pavements for urban roads from an Ortoimagen and object-orient analysis. *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, vol 36. 3, pp. 230-239.
- Torrijos, G. y Trindade, M. L.** (2013). Clasificación de los tipos de pavimentos de las vías urbanas a partir de imagen de alta resolución espacial por medio de análisis orientada a objeto. Classification of types of pavements for urban roads from high resolution image space by means object oriented analysis. *VI Congreso de Agrimensura, Cuba*.
- Tzotsos, A. ;Karantzalos, K. y Argialas, D.** (2010). Object-based image analysis through nonlinear scale-space filtering. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 66, 1, pp. 2–16.
- Vaudour, E.; Noirot-Cosson, P. E.; Membrive, O.** (2015). Early-season mapping of crops and cultural operations using very high spatial resolution Pléiades images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, pp. 128–141.

7. Anexos

Anexo I. Imágenes de muy alta resolución de las áreas analizadas



Figura 1. Godojos. Fuente: IGEOAR



Figura 2. Langa del Castillo. Fuente: IGEOAR



Figura 3. Núcleo Moneva. Fuente: IGEOAR



Figura 4. Distrito Universidad de Zaragoza. Fuente: IGEOAR. Imagen Pleiades 2016 (RGB 321).

Anexo II. Tabla de verificación.

Tabla 2. Elementos verificados de la cartografía OBIA

Nº	Elemento	Lugar	Verificación	Clasificación
0	Teja	Langa	Correcto	0
1	Teja	Langa	Correcto	0
2	Teja	Langa	Correcto	0
3	Teja	Langa	Correcto	0
4	Teja	Langa	Correcto	0
5	Teja	Langa	Correcto	0
6	Teja	Langa	Correcto	0
7	Teja	Langa	Correcto	0
8	Teja	Langa	Correcto	0
9	Teja	Langa	Correcto	0
10	Teja	Langa	Correcto	0
11	Teja	Langa	Correcto	0
12	Teja	Langa	Correcto	0
13	Teja	Langa	Correcto	0
14	Teja	Langa	Correcto	0
15	Teja	Langa	Correcto	0
16	Teja	Langa	Correcto	0
17	Teja	Langa	Correcto	0
18	Teja	Langa	Correcto	0
19	Teja	Langa	Correcto	0
20	Teja	Langa	Correcto	0
21	Teja	Langa	Correcto	0
22	Teja	Langa	Correcto	0
23	Teja	Langa	Correcto	0
24	Teja	Langa	Correcto	0
25	Teja	Langa	Correcto	0
26	Teja	Langa	Correcto	0
27	Teja	Langa	Correcto	0
28	Teja	Langa	Correcto	0
29	Teja	Langa	Correcto	0
30	Teja	Langa	Correcto	0
31	Teja	Langa	Correcto	0
32	Teja	Langa	Correcto	0
33	Teja	Langa	Correcto	0
34	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
35	Teja	Langa	Correcto	0
36	Teja	Langa	Correcto	0
37	Teja	Langa	Correcto	0

38	Teja	Langa	Correcto	0
39	Teja	Langa	Correcto	0
40	Teja	Langa	Correcto	0
41	Teja	Langa	Correcto	0
42	Teja	Langa	Correcto	0
43	Teja	Langa	Correcto	0
44	Teja	Langa	Correcto	0
45	Teja	Langa	Correcto	0
46	Teja	Langa	Correcto	0
47	Teja	Langa	Correcto	0
48	Teja	Langa	Correcto	0
49	Teja	Langa	Correcto	0
50	Teja	Langa	Correcto	0
51	Teja	Langa	Correcto	0
52	Teja	Langa	Correcto	0
53	Teja	Langa	Correcto	0
54	Teja	Langa	Correcto	0
55	Teja	Langa	Correcto	0
56	Teja	Langa	Correcto	0
57	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
58	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
59	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
60	Teja	Langa	Correcto	0
61	Teja	Langa	Correcto	0
62	Teja	Langa	Correcto	0
63	Teja	Langa	Correcto	0
64	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
65	Teja	Langa	Correcto	0
66	Teja	Langa	Correcto	0
67	Teja	Langa	Correcto	0
68	Teja	Langa	Correcto	0
69	Teja	Langa	Correcto	0
70	Teja	Langa	Correcto	0
71	Teja	Langa	Incorrecto	Asfalto
72	Teja	Langa	Correcto	0
73	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
74	Teja	Langa	Correcto	0
75	Teja	Langa	Correcto	0
76	Teja	Langa	Correcto	0
77	Teja	Langa	Correcto	0
78	Teja	Langa	Correcto	0
79	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
80	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado

81	Teja	Langa	Correcto	0
82	Teja	Langa	Correcto	0
83	Teja	Langa	Correcto	0
84	Teja	Langa	Correcto	0
85	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
86	Teja	Langa	Correcto	0
87	Teja	Langa	Correcto	0
88	Teja	Langa	Correcto	0
89	Teja	Langa	Correcto	0
90	Teja	Langa	Correcto	0
91	Teja	Langa	Correcto	0
92	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
93	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
94	Teja	Langa	Correcto	0
95	Teja	Langa	Correcto	0
96	Teja	Langa	Correcto	0
97	Teja	Langa	Correcto	0
98	Teja	Langa	Correcto	0
99	Teja	Langa	Correcto	0
100	Teja	Langa	Correcto	0
101	Teja	Langa	Correcto	0
102	Teja	Langa	Correcto	0
103	Teja	Langa	Correcto	0
104	Teja	Langa	Correcto	0
105	Teja	Langa	Correcto	0
106	Teja	Langa	Correcto	0
107	Teja	Langa	Correcto	0
108	Teja	Langa	Correcto	0
109	Teja	Langa	Correcto	0
110	Teja	Langa	Incorrecto	No clasificado
111	Teja	Zaragoza	Correcto	0
112	Teja	Zaragoza	Incorrecto	Asfalto
113	Teja	Zaragoza	Correcto	0
114	Teja	Zaragoza	Correcto	0
115	Teja	Zaragoza	Correcto	0
116	Teja	Zaragoza	Correcto	0
117	Teja	Zaragoza	Correcto	0
118	Teja	Zaragoza	Correcto	0
119	Teja	Zaragoza	Correcto	0
120	Teja	Zaragoza	Correcto	0
121	Teja	Zaragoza	Correcto	0
122	Teja	Zaragoza	Correcto	0
123	Teja	Zaragoza	Correcto	0

124	Teja	Zaragoza	Correcto	0
125	Teja	Zaragoza	Correcto	0
126	Teja	Zaragoza	Correcto	0
127	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
128	Teja	Zaragoza	Correcto	0
129	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
130	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
131	Teja	Zaragoza	Correcto	0
132	Teja	Zaragoza	Correcto	0
133	Teja	Zaragoza	Correcto	0
134	Teja	Zaragoza	Correcto	0
135	Teja	Zaragoza	Correcto	0
136	Teja	Zaragoza	Correcto	0
137	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
138	Teja	Zaragoza	Correcto	0
139	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
140	Teja	Zaragoza	Correcto	0
141	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
142	Teja	Zaragoza	Correcto	0
143	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
144	Teja	Zaragoza	Correcto	0
145	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
146	Teja	Zaragoza	Correcto	0
147	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
148	Teja	Zaragoza	Correcto	0
149	Teja	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
150	Teja	Zaragoza	Correcto	0
151	Teja	Zaragoza	Correcto	0
152	Teja	Zaragoza	Correcto	0
153	Teja	Zaragoza	Correcto	0
154	Teja	Zaragoza	Correcto	0
155	Teja	Zaragoza	Correcto	0
156	Teja	Zaragoza	Correcto	0
157	Teja	Zaragoza	Correcto	0
158	Teja	Zaragoza	Correcto	0
159	Teja	Zaragoza	Correcto	0
160	Teja	Zaragoza	Correcto	0
161	Piscina	Zaragoza	Correcto	0
162	Piscina	Zaragoza	Correcto	0
163	Piscina	Zaragoza	Correcto	0
164	Chapa	Zaragoza	Correcto	0
165	Chapa	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
166	Chapa	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado

167	Chapa	Zaragoza	Correcto	0
168	Chapa	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
169	Chapa	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
170	Chapa	Zaragoza	Correcto	0
171	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
172	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
173	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
174	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
176	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
177	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
178	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
179	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
180	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
181	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
182	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
183	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
184	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
185	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
186	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
187	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
188	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
189	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
190	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
191	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
192	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
193	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
194	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
195	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
196	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
197	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
198	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
199	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
200	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
201	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
202	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
203	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
204	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
205	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
206	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
207	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
208	Asfalto	Zaragoza	Incorrecto	No clasificado
209	Asfalto	Zaragoza	Correcto	0
210	Chapa	Langa	Correcto	0

211	Chapa	Langa	Incorrecto	No clasificado
212	Chapa	Langa	Incorrecto	No clasificado
213	Chapa	Langa	Incorrecto	Asfato
214	Chapa	Langa	Incorrecto	No clasificado
215	Chapa	Langa	Incorrecto	No clasificado
216	Chapa	Langa	Incorrecto	Teja
217	Chapa	Langa	Incorrecto	Asfalto
218	Chapa	Langa	Incorrecto	Asfalto
219	Chapa	Langa	Correcto	0
220	Chapa	Langa	Incorrecto	Asfalto
221	Chapa	Langa	Correcto	0
222	Chapa	Langa	Correcto	0
223	Chapa	Langa	Correcto	0
224	Asfalto	Langa	Correcto	0
225	Asfalto	Langa	Correcto	0
226	Teja	Moneva	Correcto	0
227	Teja	Moneva	Correcto	0
228	Teja	Moneva	Correcto	0
229	Teja	Moneva	Correcto	0
230	Teja	Moneva	Correcto	0
231	Teja	Moneva	Correcto	0
232	Teja	Moneva	Correcto	0
233	Teja	Moneva	Correcto	0
234	Teja	Moneva	Correcto	0
235	Teja	Moneva	Correcto	0
236	Teja	Moneva	Correcto	0
237	Teja	Moneva	Correcto	0
238	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
239	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
240	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
241	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
242	Teja	Moneva	Correcto	0
243	Teja	Moneva	Correcto	0
244	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
245	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
246	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
247	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
248	Teja	Moneva	Correcto	0
249	Teja	Moneva	Correcto	0
250	Teja	Moneva	Correcto	0
251	Teja	Moneva	Correcto	0
252	Teja	Moneva	Correcto	0
253	Teja	Moneva	Correcto	0

254	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
255	Teja	Moneva	Correcto	0
256	Teja	Moneva	Correcto	0
257	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
258	Teja	Moneva	Correcto	0
259	Teja	Moneva	Correcto	0
260	Teja	Moneva	Correcto	0
261	Teja	Moneva	Incorrecto	Chapa
262	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
263	Teja	Moneva	Correcto	0
264	Teja	Moneva	Incorrecto	Asfalto
265	Teja	Moneva	Incorrecto	Chapa
266	Teja	Moneva	Correcto	0
267	Teja	Moneva	Correcto	0
268	Teja	Moneva	Correcto	0
269	Teja	Moneva	Correcto	0
270	Teja	Moneva	Correcto	0
271	Teja	Moneva	Correcto	0
272	Teja	Moneva	Correcto	0
273	Teja	Moneva	Correcto	0
274	Teja	Moneva	Correcto	0
275	Teja	Moneva	Correcto	0
276	Teja	Moneva	Correcto	0
277	Teja	Moneva	Correcto	0
278	Teja	Moneva	Correcto	0
279	Teja	Moneva	Correcto	0
280	Teja	Moneva	Correcto	0
281	Teja	Moneva	Correcto	0
282	Teja	Moneva	Correcto	0
283	Teja	Moneva	Correcto	0
284	Teja	Moneva	Correcto	0
285	Teja	Moneva	Correcto	0
286	Teja	Moneva	Incorrecto	Chapa
287	Teja	Moneva	Correcto	0
288	Teja	Moneva	Correcto	0
289	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
290	Teja	Moneva	Correcto	0
291	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
292	Teja	Moneva	Correcto	0
293	Teja	Moneva	Correcto	0
294	Teja	Moneva	Correcto	0
295	Teja	Moneva	Correcto	0
296	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado

297	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
298	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
299	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
300	Teja	Moneva	Correcto	0
301	Teja	Moneva	Correcto	0
302	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
303	Teja	Moneva	Correcto	0
304	Teja	Moneva	Correcto	0
305	Teja	Moneva	Correcto	0
306	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
307	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
308	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
309	Teja	Moneva	Incorrecto	No clasificado
310	Chapa	Moneva	Correcto	0
311	Chapa	Moneva	Correcto	0
312	Chapa	Moneva	Correcto	0
313	Chapa	Moneva	Correcto	0
314	Chapa	Moneva	Correcto	0
315	Chapa	Moneva	Correcto	0
316	Chapa	Moneva	Correcto	0
317	Chapa	Moneva	Correcto	0
318	Chapa	Moneva	Correcto	0
319	Asfalto	Moneva	Correcto	0
320	Asfalto	Moneva	Incorrecto	No clasificado
321	Asfalto	Moneva	Correcto	0
322	Asfalto	Moneva	Incorrecto	Chapa
323	Asfalto	Moneva	Correcto	0
324	Asfalto	Moneva	Correcto	0
325	Asfalto	Moneva	Correcto	0
326	Asfalto	Moneva	Incorrecto	No clasificado
327	Asfalto	Moneva	Correcto	0
328	Chapa	Godojos	Incorrecto	No clasificado
329	Chapa	Godojos	Incorrecto	No clasificado
330	Chapa	Godojos	Correcto	0
331	Chapa	Godojos	Incorrecto	No clasificado
332	Chapa	Godojos	Incorrecto	No clasificado
333	Asfalto	Godojos	Correcto	0
334	Asfalto	Godojos	Correcto	0
335	Asfalto	Godojos	Correcto	0
336	Asfalto	Godojos	Correcto	0
337	Asfalto	Godojos	Correcto	0
338	Asfalto	Godojos	Correcto	0
339	Asfalto	Godojos	Correcto	0

340	Teja	Godojos	Incorrecto	No clasificado
341	Teja	Godojos	Correcto	0
342	Teja	Godojos	Incorrecto	No clasificado
343	Teja	Godojos	Incorrecto	No clasificado
344	Teja	Godojos	Correcto	0
345	Teja	Godojos	Correcto	0
346	Teja	Godojos	Correcto	0
347	Teja	Godojos	Incorrecto	Asfalto
348	Teja	Godojos	Correcto	0
349	Teja	Godojos	Correcto	0
350	Teja	Godojos	Incorrecto	No clasificado
351	Teja	Godojos	Correcto	0
352	Teja	Godojos	Correcto	0

Anexo III. Cartografía obtenida de la clasificación OBIA



Figura 1. Godojos



Figura 3. Langa del Castillo



Figura 4. Moneva



Figura 5. Distrito Universidad (Zaragoza)