

ual
uco
uma



Máster Oficial Interuniversitario



UNIVERSIDAD
DE
CORDOBA

Representación y Diseño
en Ingeniería y Arquitectura

Trabajo Fin de Máster

Estudio de los distintos usos de suelo existentes en el POTPA mediante la aplicación de técnicas de análisis de imagen basada en objetos

Josep
CÉSPEDES SEVILLA

Curso | 2012-2013
Convocatoria | Septiembre

Director/es:
Manuel Ángel Aguilar
Fernando J. Aguilar

Resumen.

Con el vuelo de 1999, se redactó el Plan de Ordenación del Territorio del Poniente Almeriense (POTPA), pero no se aprobó hasta 2002 creando una problemática en su delimitación. Por un lado los límites de los usos que plantea no se pueden definir atendiendo a la forma de las parcelas ni al terreno debido a una escala que no permite su correcta aplicación, y por otro lado dejó a propiedades en un limbo ya que comenzaron su desarrollo entre la fecha de redacción y aprobación.

Con este trabajo se ha pretendido poner de manifiesto que las técnicas de análisis de imagen basadas en objetos (Object Based Image Analysis, OBIA) permiten un ahorro de tiempo y trabajo en la redacción de proyectos catastrales o planes de ordenación. Por ello se ha propuesto una delimitación que sí se adapta a la formación montañosa y a las parcelas, quedando definido el límite entre Uso Agrícola y Formación Montañosa siguiendo unos criterios que previamente se han estudiado como puede ser la altura o la pendiente de la parcela, para su posterior aplicación en una zona piloto del T.M. de Berja, Almería.

En la segunda parte del trabajo planteamos una clasificación con el uso agrícola propuesto, haciendo distinción entre invernaderos, parcelas sin cultivo y parcelas cultivadas, que permite llevar un control estadístico sobre el uso del suelo.

Palabras clave.

POTPA, OBIA, Delimitación, Berja



Abstract.

With the 1999 flight, the Plan of Arrangement of the Territory of Almeri'a Poniente (POTPA) was written up, but it was not approved until 2002 creating a problematic one in its boundary. On the one hand the limits of the uses that appear not can define taking care of the form of the parcels nor the land due to one scale that does not allow its correct application, and on the other hand left to properties in a limb since their development between the date of writing and approval began.

With this work it has been tried to show that the techniques of analyses of image based on objects (Object Based Image Analysis, OBIA) allow to a saving of time and work in the writing of cadastral projects or plans of arrangement. For that reason a boundary that yes adapts to the mountainous formation and the parcels, being defined the limit between Agricultural Use and Mountainous Formation has seted out following criteria that previously have studied as it can be the height or the slope of the parcel, for their later application in a zone pilot of the T.M. of Iron door, Almeria.

In the second part of the work we raised a classification with the proposed agricultural use, doing distinction between conservatories, parcels without culture and parcels cultivated, that allows to take a statistical control on the use of the ground.

Key words.

POTPA, OBIA, Delimitation, Berja.



Índice

Índice de Ilustraciones	4
1. Introducción.	6
1.1. El POTPA.....	6
1.1.1. Memoria informativa	6
1.1.2. Memoria de ordenación	7
1.1.3. Memoria económica	7
1.1.4. Normativa	7
1.1.5. Documentación gráfica.....	7
1.2. Antecedentes legislativos.....	7
1.2.1. Ley 1/1994.....	7
1.1.1. Decreto 6/1996	7
1.3. Problemática que se plantea.....	7
1.4. Planteamiento del trabajo	9
2. Materiales y métodos	11
2.1. Descripción de la zona de trabajo.....	11
2.2. Datos empleados	13
2.2.1. Ortoimágenes de la Junta de Andalucía.....	13
2.2.2. Modelo Digital del Terreno	13
2.2.3. Mapa de pendientes extraído del MDE.....	14
2.3. Metodología.....	16
2.3.1. Segmentación con eCognition	16
2.3.2. "Multiresolution segmentation"	18
2.3.3. Clasificación de objetos según usos del POTPA	26
2.3.4. Clasificación de objetos de "Uso Agrícola"	30
3. Resultados.....	38
3.1. Usos de suelo según el POTPA	38
3.2. Suelo de uso agrícola del POTPA.....	40
4. Discusión.....	44
5. Conclusiones.	45
6. Agradecimientos.....	46
7. Referencias.....	47



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Plano del POTPA	8
Ilustración 2. Digitalización del POTPA	9
Ilustración 3. Zona piloto	12
Ilustración 4. MDE	13
Ilustración 5. Visualización del MDE en entorno del software Geomática	14
Ilustración 6. Slope of Elevation Data.....	15
Ilustración 7. Parámetros para "Slope of Elevation Data"	15
Ilustración 8. Resultado del mapa de pendientes	16
Ilustración 9. Creación del proyecto.....	17
Ilustración 10. Zona de trabajo cargada	17
Ilustración 11. quadtree based segmentation.....	18
Ilustración 12. Ensayo con escala 500.....	19
Ilustración 13. Ensayo con escala 200.....	20
Ilustración 14. Ensayo con escala 100.....	20
Ilustración 15. Ensayo con escala 150.....	21
Ilustración 16. Ensayo con Shape=0.1	22
Ilustración 17. Ensayo con Shape=0.8	22
Ilustración 18. Ensayo con Shape=0.4.....	23
Ilustración 19. Ensayo con Compactness=0.2.....	24
Ilustración 20. Ensayo con Compactness=0.9	24
Ilustración 21. spectral difference segmentation	25
Ilustración 22. Segmentación final.....	26
Ilustración 23. Esquema de procesos	26
Ilustración 24. Creación del nivel "Usos de suelo" del POTPA	27
Ilustración 25. Clasificación por pendiente	27
Ilustración 26. Muestreo MDE	28
Ilustración 27. Muestreo MDE	28
Ilustración 28. MDE>325m	29
Ilustración 29. Slope>10, MDE>300.....	29
Ilustración 30. Uso agrícola.....	30
Ilustración 31. Clasificación de usos de suelo	30
Ilustración 32. Creación del nivel "Usos Agrícolas".....	31
Ilustración 33. Árbol de procesos	32
Ilustración 34. Clasificación Invernaderos	32
Ilustración 35. Selección de atributos	33
Ilustración 36. Selección de muestras o "Samples"	34
Ilustración 37. Editor de muestras	34
Ilustración 38. Comparación de la dispersión de muestras.....	35
Ilustración 39. Membership value	35
Ilustración 40. Clasificación de "Parcelas sin cultivo"	36
Ilustración 41. VARI	37
Ilustración 42. Clasificación "Parcelas cultivadas"	37
Ilustración 43. Clasificación "Usos Agrícolas".....	38
Ilustración 44. Clasificación obtenida según POTPA	39
Ilustración 45. Clasificación del POTPA.....	40
Ilustración 46. Ground Truth.....	41
Ilustración 47. Accuracy Assessment	42
Ilustración 48. Tabla excel (.csv)	42



Ilustración 50. Matriz de confusión..... 42
Ilustración 51. % Samples/clasificados 43



1. Introducción.

El Plan de Ordenación del Territorio del Poniente Almeriense (POTPA) estableció una regulación de los usos del suelo agrícola de la zona, que estuvo basada principalmente en ortoimágenes tomadas hace más de una década (1999). Debido a la detección en este plan de errores en la determinación de determinados usos de suelo, en este trabajo planteamos la posibilidad de realizar una nueva delimitación, en una zona piloto situada en el Término Municipal de Berja (Almería), usando técnicas de análisis de imagen basada en objetos (OBIA).

La tradicional clasificación basada en píxeles ha quedado muy limitada a la clasificación de las imágenes obtenidas con satélites con un tamaño de píxel o GSD (Ground Sample Distance) grande como LandSat. La información superficie-uso del suelo extraída mediante la clasificación multispectral basada en píxeles muestra tener más complejidad, debido al aumento de la variación interna en la unidad de la cubierta vegetal (Carleer y Wolff, 2006; Kux y Pinho, 2006). Con el aumento de resolución espacial de los nuevos satélites, las clases de superficie-uso del suelo tienden a ser representadas por unidades espaciales de características heterogéneas de espectro reflectante, y su separabilidad estadística se reduce cuando se utilizan criterios tradicionales de clasificación basados en píxeles. En consecuencia, la precisión de clasificación se reduce y por lo general los resultados muestran un efecto de sal y pimienta, debido a la existencia de píxeles individuales clasificados de forma diferente a sus vecinos. Estudios previos han demostrado que la precisión de la clasificación superficie-uso del suelo puede disminuir cuando aumenta la resolución espacial de la imagen (Townshend y Justicia, 1981; Latty et al., 1985; Martin et al., 1988; Gong y Howarth, 1990; Treitz y Howarth, 2000).

1.1. El POTPA

El POTPA se aprueba con el Decreto 222/2002, de 30 de julio, pero su entrada en vigor es efectiva tras la publicación en el BOJA núm. 119, 10 de Octubre 2002.

Se basa en la Ley 1/1994, de 11 de enero que se encarga de regular las competencias en materia de ordenación territorial a nivel autonómico, dando las directrices generales sobre el desarrollo de del territorio en los municipios de El Ejido, La Mojonera, Roquetas de Mar, Vícar, Dalías, Enix, Félix, y Berja, centrándose ese trabajo de investigación en este último municipio.

Los objetivos que plantea son:

- Favorecer el desarrollo socioeconómico
- Mejorar accesibilidad y comunicaciones
- Estructurar el sistema de asentamientos o optimizar los equipamientos
- Promover la compatibilidad de actividades y usos de suelo
- Preservar los espacios con valores productivos, medioambientales, o de algún interés público

El plan de ordenación viene definido por los siguientes documentos:

1.1.1. Memoria informativa

Su objetivo es analizar los procesos y elementos que entran a la hora de definir el modelo de ordenación del territorio y definir la situación actual.



1.1.2. Memoria de ordenación

Define los objetivos, criterios y medidas para la aplicación del plan, y las ordena de forma secuencial, dando información económica sobre su coste, orden de prioridad y los organismos que deben llevarlo a cabo o desarrollar la iniciativa.

1.1.3. Memoria económica

Se estiman las acciones que contempla el POTPA dando información sobre el coste y la evaluación con criterios económicos de éstas.

1.1.4. Normativa

Contiene ciento cincuenta y nueve artículos en cuatro títulos, que pueden tener carácter:

- Norma: su aplicación será directa y vinculante para las Administraciones Públicas y particulares
- Directrices: serán vinculantes en cuanto al fin
- Recomendaciones: su línea será orientativa

1.1.5. Documentación gráfica

Contiene cartografía a escala 1:50.000 para la comprensión de "Infraestructuras de Comunicaciones y Transportes", "Ordenación de Usos", "Protección y Mejora de Recursos Naturales y el Paisaje", "Infraestructuras Básicas" y "Síntesis de Ordenación".

Lo que en definitiva plantea este plan son unas directrices a seguir en los Términos Municipales previniendo que el desarrollo de un plan del Poniente Almeriense que no entre en conflicto con el desarrollo de sus municipios.

1.2. Antecedentes legislativos

1.2.1. Ley 1/1994

Establece los objetivos, instrumentos y procedimientos para el desarrollo territorial, se crea el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, y los Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional.

En su artículo 11, la Ley establece el contenido de los planes:

- Objetivos a alcanzar
- Esquema de las infraestructuras básicas y distribución de los equipamientos
- Zonas para la ordenación y compatibilización de los usos del territorio y protección de las zonas de interés
- Determinaciones de los Planes con Incidencia en la Ordenación del Territorio y planes Urbanísticos vigentes justificando las alteraciones de los mismos
- Concreción de las alteraciones
- Previsión para el desarrollo, seguimiento y ejecución del plan

1.1.1. Decreto 6/1996

Pretende configurar un marco de reflexivo que permita elaborar propuestas de ordenación y de la normativa del Plan.

1.3. Problemática que se plantea



El POTPA fue redactado en el año 1999, sin embargo su aprobación fue en 2002, por lo que no quedaron recogidas las modificaciones en los usos de suelo e infraestructura que tuvieron lugar durante este periodo.

Otro problema es la escala a la que fue redactado este plan, 1:50.000, que aunque permite seguir sus directrices de forma general, es una escala insuficiente para la aplicación de forma individual.

Este trabajo plantea un ejemplo de cómo aplicar las técnicas OBIA para conseguir que la delimitación de los usos de suelo se adapten a las parcelas, ya que con el actual plan no se puede determinar que parcelas confluyen en un uso u otro, permitiendo una forma de proceder para solventar los problemas a los que se enfrentan las administraciones públicas

Un ejemplo es el tema que tiene este trabajo, hay parcelas donde confluyen diferentes usos de suelo, pero al tener una escala 1:50000, resulta imposible definir el límite donde confluyen los usos. Esto crea una en la problemática que deben de solventar las administraciones públicas.



Ilustración 1. Plano del POTPA

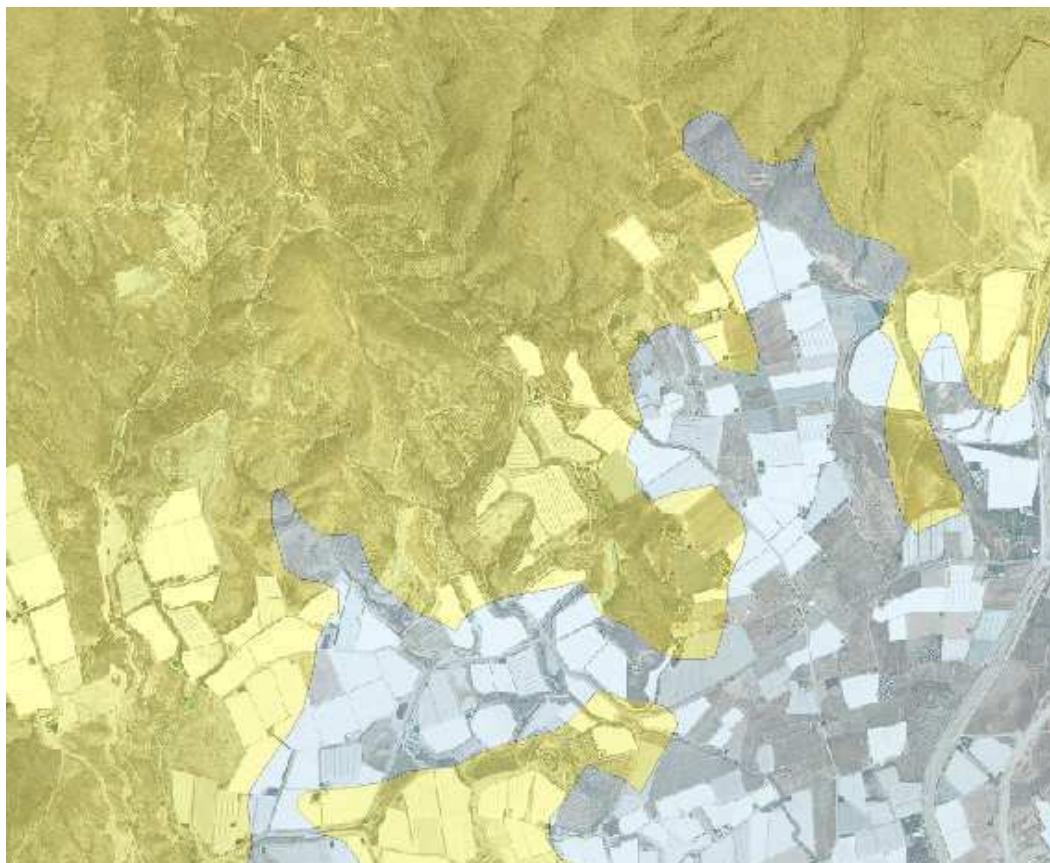


Ilustración 2. Digitalización del POTPA

Tal y como podemos observar, en la Ilustración 1 se presentan los planos de la normativa. Si digitalizamos los límites del plan y los superponemos con la ortoimagen de XXXX, la problemática que hemos descrito se hace evidente. Las capas de “formaciones naturales” en tono verde en la imagen de la normativa (Ilustración 1) y amarillo en la imagen de la digitalización (Ilustración 2), no se ajustan al relieve del terreno, discurriendo su límite entre las parcelas, atravesándolas y no pudiendo definirse claramente su separación con el uso agrícola. La generación de la Ilustración 2 se realizó en entorno Arcgis.

1.4. Planteamiento del trabajo

La problemática descrita provoca consecuencias en las administraciones públicas como ayuntamientos, que para solventar dicha problemática contratan a empresas que definan o deslinden los límites de las diferentes zonas de los usos de suelo. Este trabajo, en trabajando en la mayoría de casos, resulta tedioso, ya que hay que digitalizar y actualizando cartografía. En este Trabajo Fin de Máster se pretenden definir dichos usos de suelo mediante un análisis de imágenes (en nuestro caso ortoimágenes aéreas) basado en objetos que permita agilizar dicho trabajo. Además se va a realizar un control de la tipología que existe dentro de un uso determinado. Por ejemplo, en el caso del uso de cultivo tradicional, diferenciaremos si las parcelas se encuentran cultivadas o no.

De esta forma lo que se pretende es delimitar los usos especificados en el POTPA con cartografía actual y una resolución que permita actuar de forma individual sobre las propiedades. Además la metodología propuesta que permitirá la agilización del trabajo, requiere, en primer lugar, la determinación de los parámetros óptimos para la fase de segmentación de la ortoimagen en objetos homogéneos o parcelas, y en segundo lugar, encontrar aquellas reglas o atributos que permitan la clasificación de estos "segmentos" en clases, permitiendo la obtención de una información sobre el tipo de uso agrario que tienen actualmente las parcelas según las ortofotos utilizadas.



2. Materiales y métodos

2.1. Descripción de la zona de trabajo

El trabajo se presenta en el T.M. de Berja, centrándose en una zona piloto donde la problemática sea de evidente apreciación.

En el caso de la zona piloto elegida (Ilustración 3), diferenciaremos entre: (i) cultivos tradicionales, (ii) cultivos forzados, y (iii) formaciones naturales. Aunque también existan otros usos como el suelo residencial, el principal conflicto se tiene con los tres usos que vamos a estudiar.

La zona piloto se extraerá mediante un recorte de la hoja 1043 (3-4) de las ortoimágenes de la Junta de Andalucía realizadas a partir de un vuelo fotogramétrico realizado en los meses de Junio y Julio del año 2011 (archivo h10_1043_3-4.jp2).

Las coordenadas UTM ETRS 89 30 Norte de la zona piloto son:

- Esquina inferior izquierda: 499,013.7259 m, 4,076,289.5724 m
- Esquina inferior derecha: 502,283.9824 m, 4,076,289.5724 m
- Esquina superior izquierda: 499,013.7259 m, 4,079,013.7279 m
- Esquina superior derecha: 502,283.9824 m, 4,079,013.7279 m

Su extensión es de 890.87 hectáreas.





Ilustración 3. Zona piloto

Para las decisiones a adoptar, se pretende dar prioridad al relieve de las formaciones. Para ello nos ayudaremos de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) que nos determinará la situación altimétrica de cada segmento o parcela. A partir de ese DEM generaremos un mapa de pendientes de la zona, que será clave para ver hasta dónde consideraremos uso agrario según nuestro criterio que después estableceremos analizando las parcelas y su relieve.

2.2. Datos empleados

2.2.1.Ortoimágenes de la Junta de Andalucía

Las imágenes han sido obtenidas del Servicio de Mapas en Web (WMS) de la Ortofotografía Básica Color de Andalucía 2010-2011.

Las series de ortofotografías disponibles en JPEG2000 en Color 0.5 metros/píxel (2010-2011), son imágenes ortorectificadas y en sistema oficial ETRS89. Como ya se ha comentado, la zona piloto comprende un recorte de la hoja h10_1043_3-4.jp2. Las bandas de las que disponen son RGB, por lo que se plantearán alternativas al común uso de la banda Infrarrojo Cercano (Nir) para encontrar las parcelas cultivadas (i.e., vegetación).

Debido a los problemas del software OBIA empleado en este trabajo para importar archivos de imagen JPG2000, para el trabajo se ha cambiado dicho formato a GeoTiff.

2.2.2.Modelo Digital del Terreno

Se ha usado un MDE con un paso de malla 5 m, en Sistema de Referencia Geodésico ETRS89, Proyección Cartográfica UTM, huso 30 Norte. Los ficheros originales están en formato ASCII Matriz ESRI (agr).ASCII dispuestos en una matriz regular de cotas con un punto cada 5 metros.

El origen de dicho MDE fue estérocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aerea (PNOA) de 50cm/píxel. En la Ilustración 4 se puede observar la representación del MDE empleado en la zona de estudio de este trabajo.

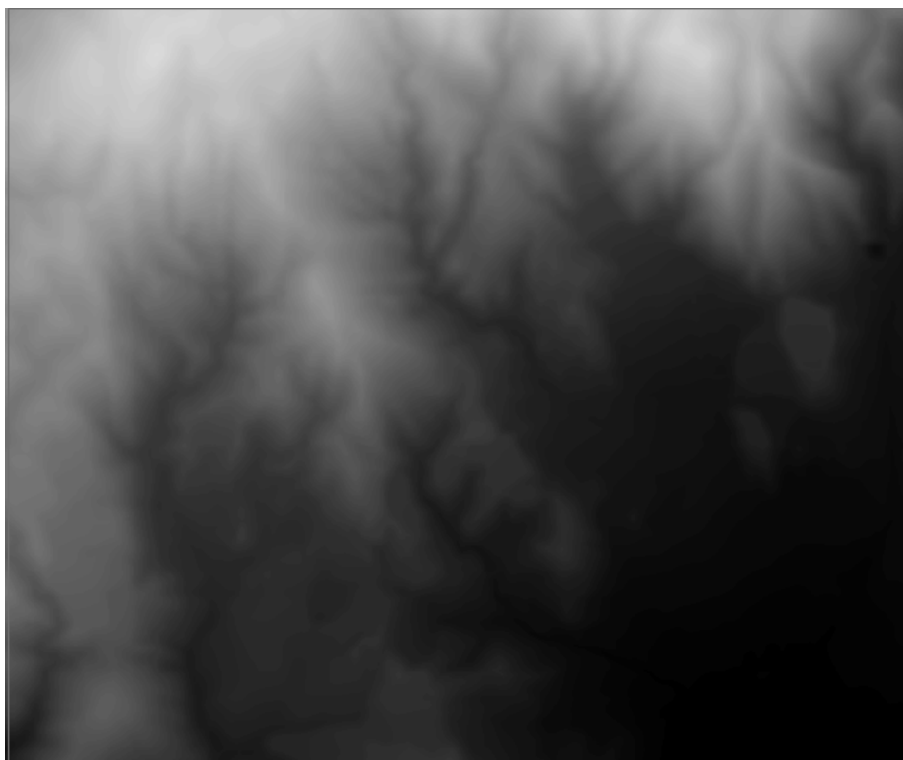


Ilustración 4. MDE

2.2.3. Mapa de pendientes extraído del MDE

Para el mapa de pendientes se ha partido del MDE que teníamos de partida (Ilustración 5), manteniendo el sistema de referencia original (i.e., ETRS89). Para ello se ha utilizado del software Geomática 2013 (PCI Geomatics).

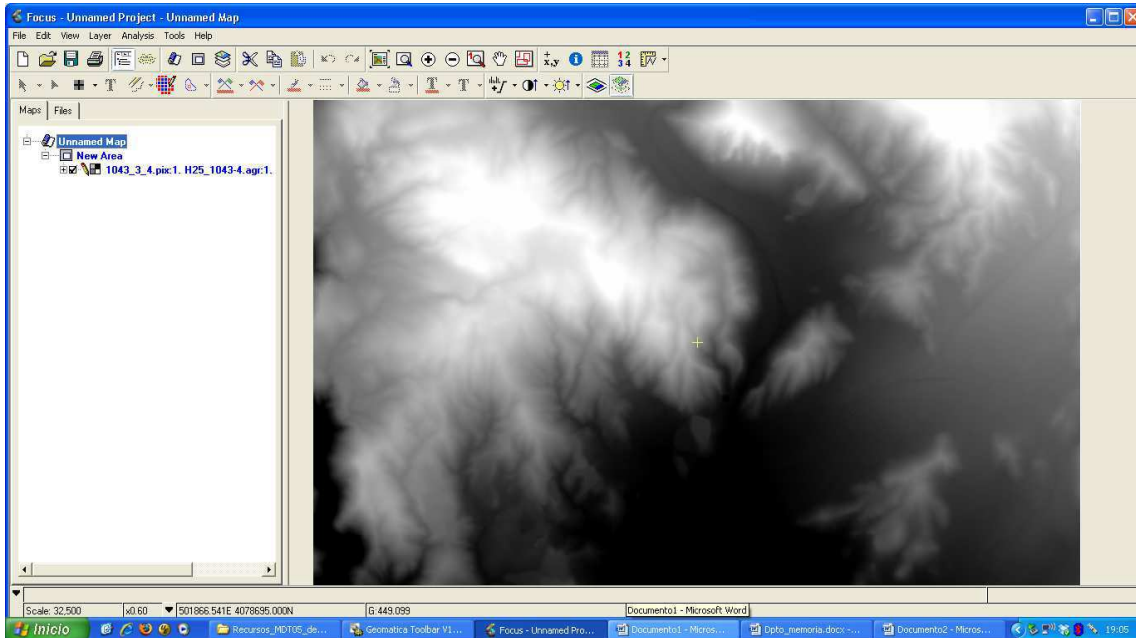


Ilustración 5. Visualización del MDE en entorno del software Geomática

Mediante la aplicación al MDE del algoritmo "Slope of Elevation data" incluido en Geomática 2013 (Ilustración 6), se ha obtenido el mapa de pendientes. Este algoritmo requiere la elección de una serie de parámetros (Ilustración 7). El cálculo del mapa de pendientes se ha basado en un tamaño de píxel de 1 metro en X, Y, Z, siendo el producto final determinado en una malla grid de 5 m de espaciamiento.

Finalmente, los resultados de la aplicación del algoritmo para el cálculo del mapa de pendientes pueden ser observados en la Ilustración 8. Esta información es almacenada en un archivo ráster de Geomática (extensión .pix).



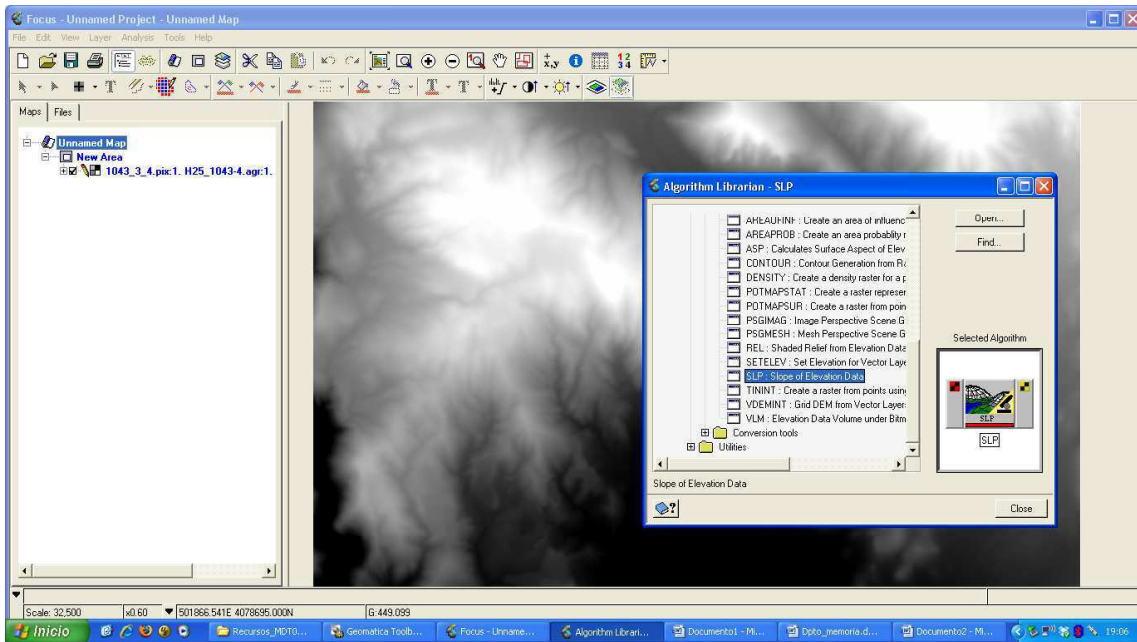


Ilustración 6. Slope of Elevation Data

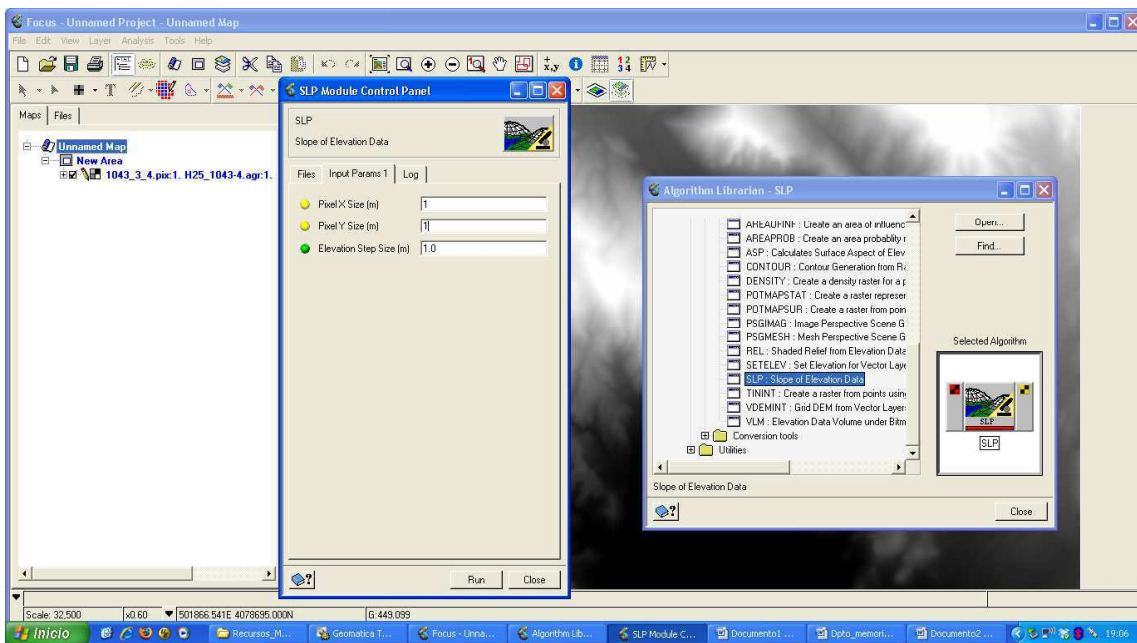


Ilustración 7. Parámetros para "Slope of Elevation Data"



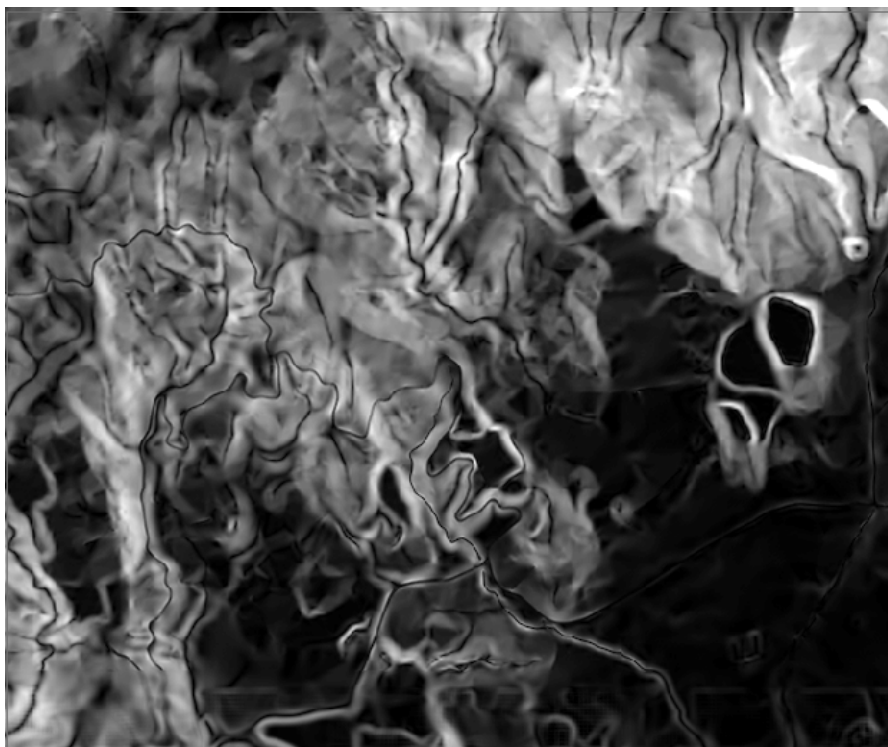


Ilustración 8. Resultado del mapa de pendientes

2.3. Metodología

2.3.1. Segmentación con eCognition

Una vez preparada la información previa para el trabajo dentro de nuestra área piloto, se opta por realizar una segmentación con software OBIA.

El software empleado para el análisis OBIA, que comprende segmentación de la imagen y clasificación posterior de esos segmentos, fue eCognition (Trimble, Sunnyvale, California, United States). Es importante reseñar que, en teledetección, muchos de trabajos que aplican técnicas OBIA han sido realizados con este software, que se ha convertido en un estándar. De hecho entre un 50% y un 55% de los artículos de impacto relacionados con OBIA están basados en este software (Blaschke 2010).

El primer paso en el entorno eCognition, es importar la información de la que disponemos (Ilustración 9). Esta consistió en: (i) bandas RGB de la ortofoto de la zona con resolución de 50 cm, (ii) MDE de resolución 5 m, y (iii) el mapa de pendientes "Slope" también con resolución de 5 m, ya que ha sido obtenido del MDE. En la Ilustración 10 podemos observar la visualización de la zona de estudio en entorno eCognition.

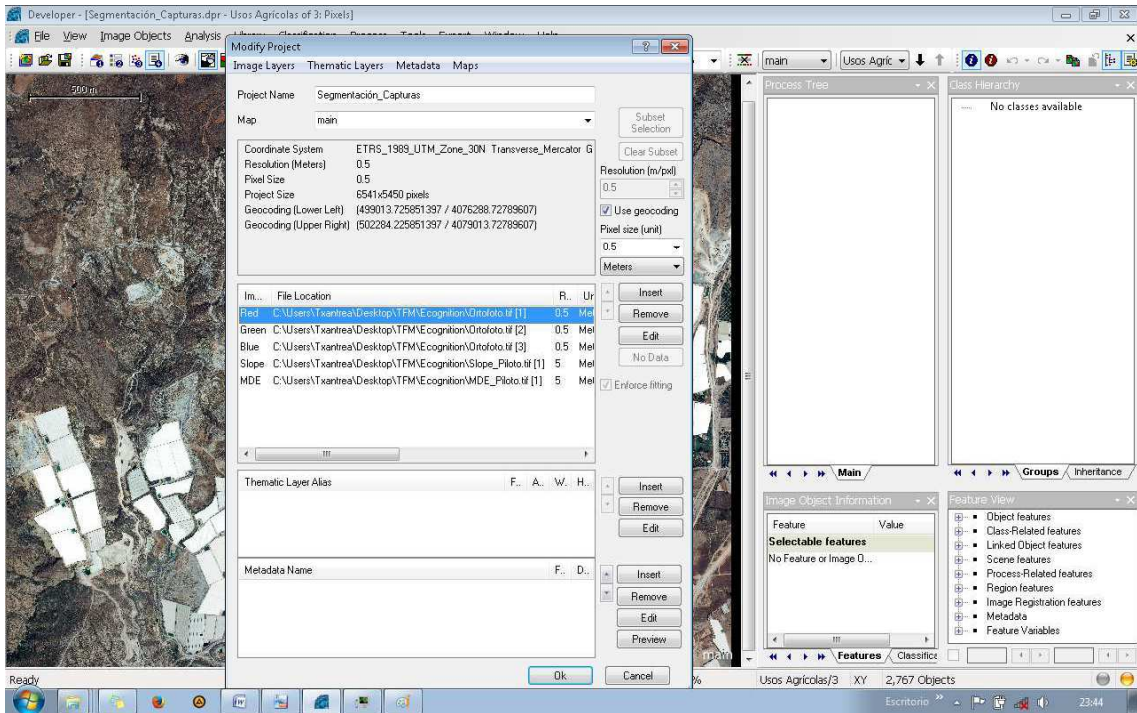


Ilustración 9. Creación del proyecto

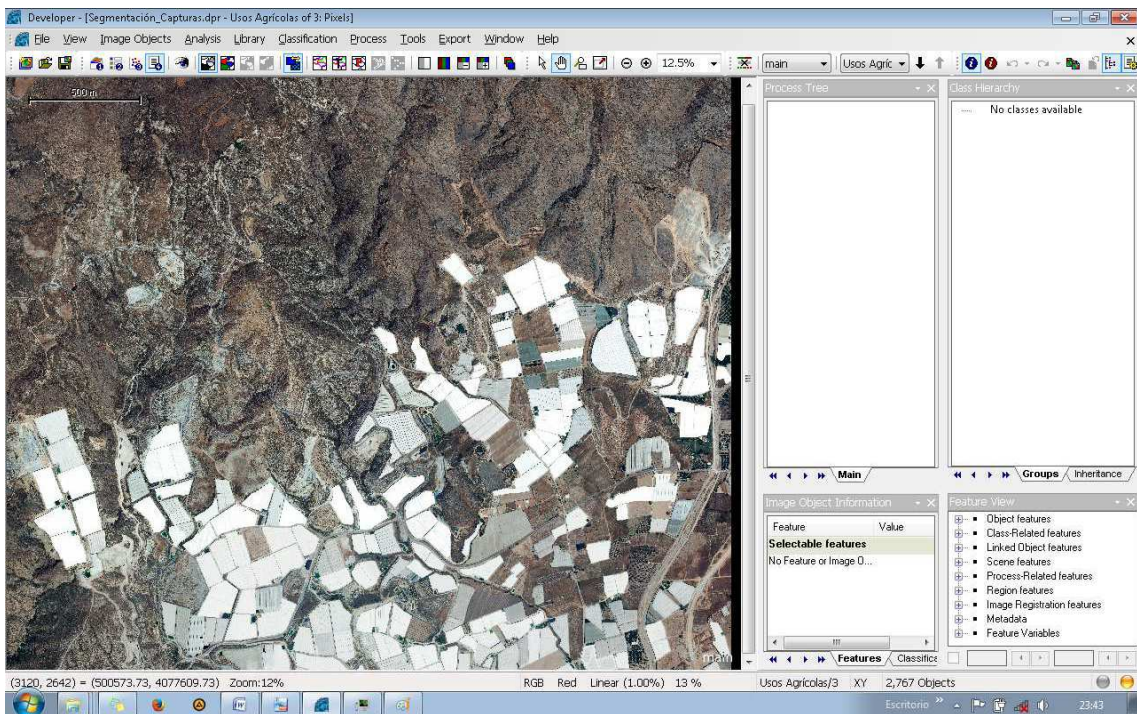


Ilustración 10. Zona de trabajo cargada

Los primeros acercamientos a la segmentación óptima han sido con ensayando los distintos tipos de algoritmos incluidos en eCognition. Después de haber probado las diferentes opciones vemos la problemática de los algoritmos:



“Quadtree based segmentation” no se adapta convenientemente a los objetos por lo que lo descartamos. Si la forma de la disposición de objetos se adaptara a una distribución ordenada en forma de malla si sería conveniente, pero en nuestro caso no (Ilustración 11).

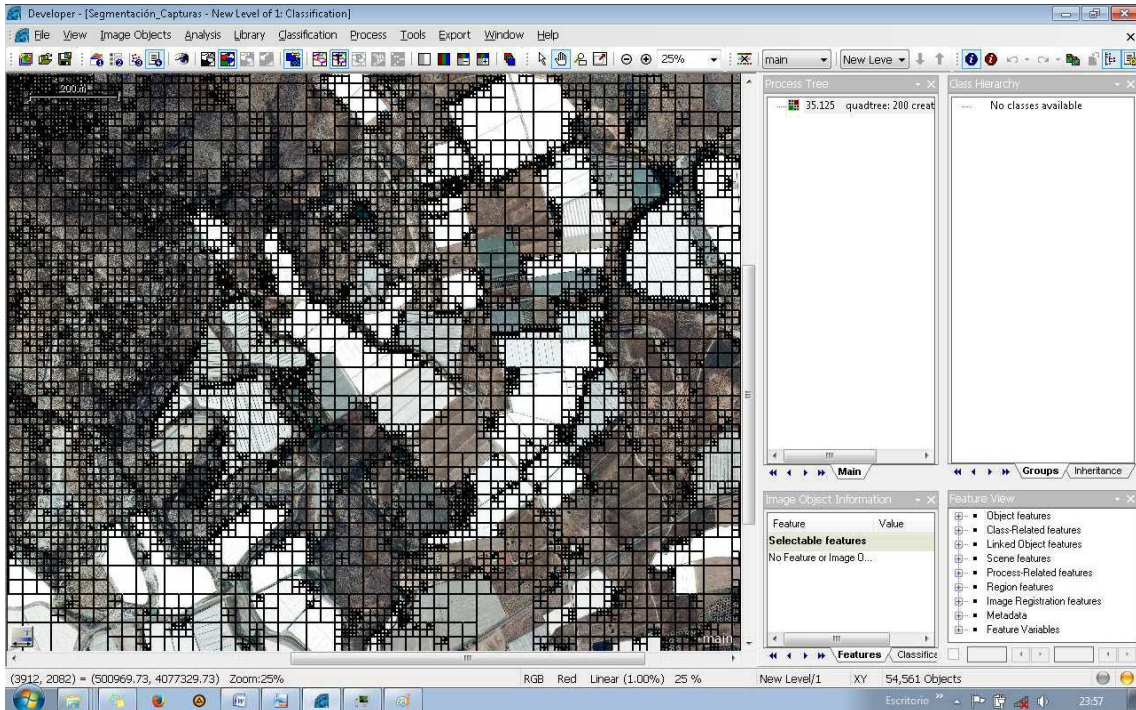


Ilustración 11. quadtree based segmentation

“Spectral difference segmentation” no es apto hasta que no tenemos definido un nivel de objetos.

“Multiresolution segmentation”. Nos quedamos con este por ser el más adecuado. Debemos definir parámetros de escala, forma e importancia del color en la segmentación. Los parámetros de pesos son 1 para cada una de las bandas RGB y 0 para MDE y Slope. Es decir, para la segmentación sólo hemos considerado las tres bandas del espectro visible de la ortoimagen de la zona de estudio.

2.3.2. “Multiresolution segmentation”

Para encontrar la escala más óptima probamos escalas de 500, 200, 150, 100, con coeficientes shape y compactness constantes para toda todas las escalas de 0.3 y 0.5 respectivamente.



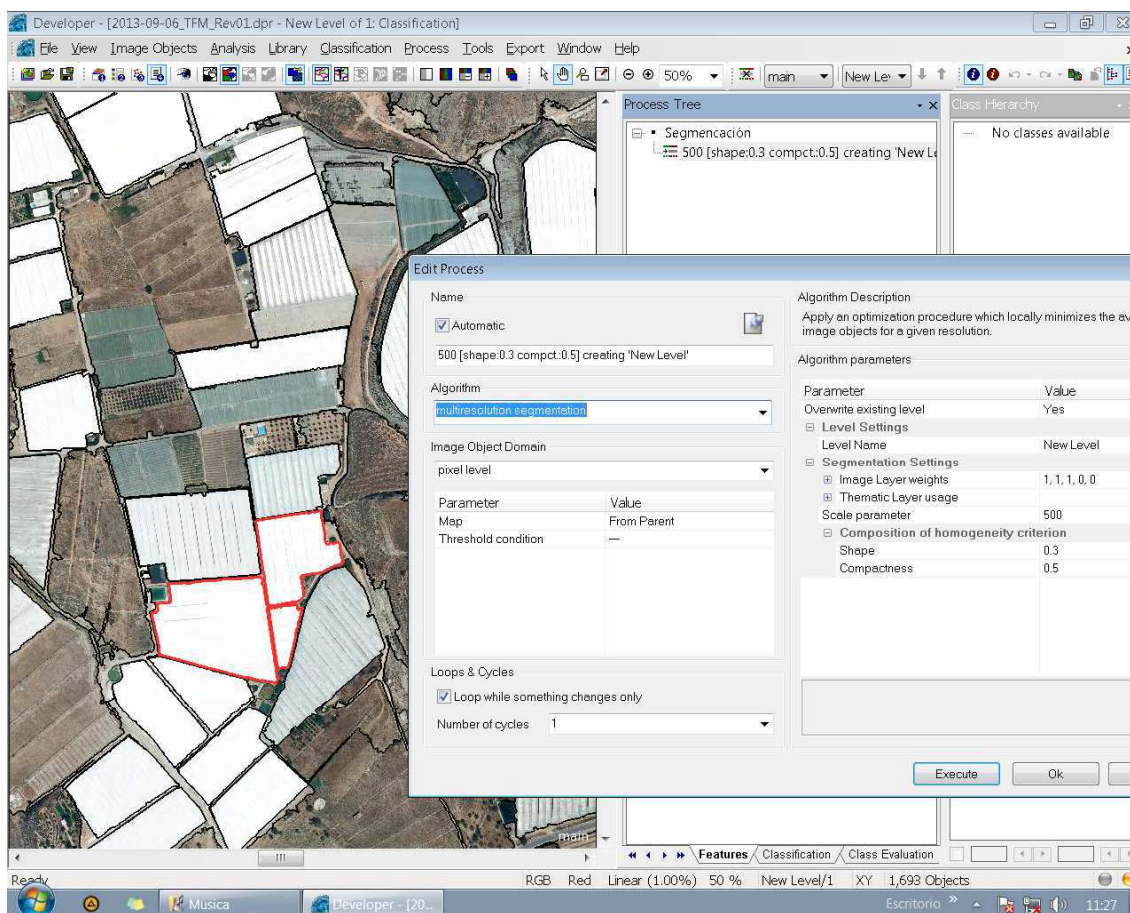


Ilustración 12. Ensayo con escala 500

Los objetos que se obtienen usando una escala de 500 son demasiado grandes y no se adaptan a las parcelas (Ilustración 12). Las suele agrupar por lo que debemos bajar ese parámetro.



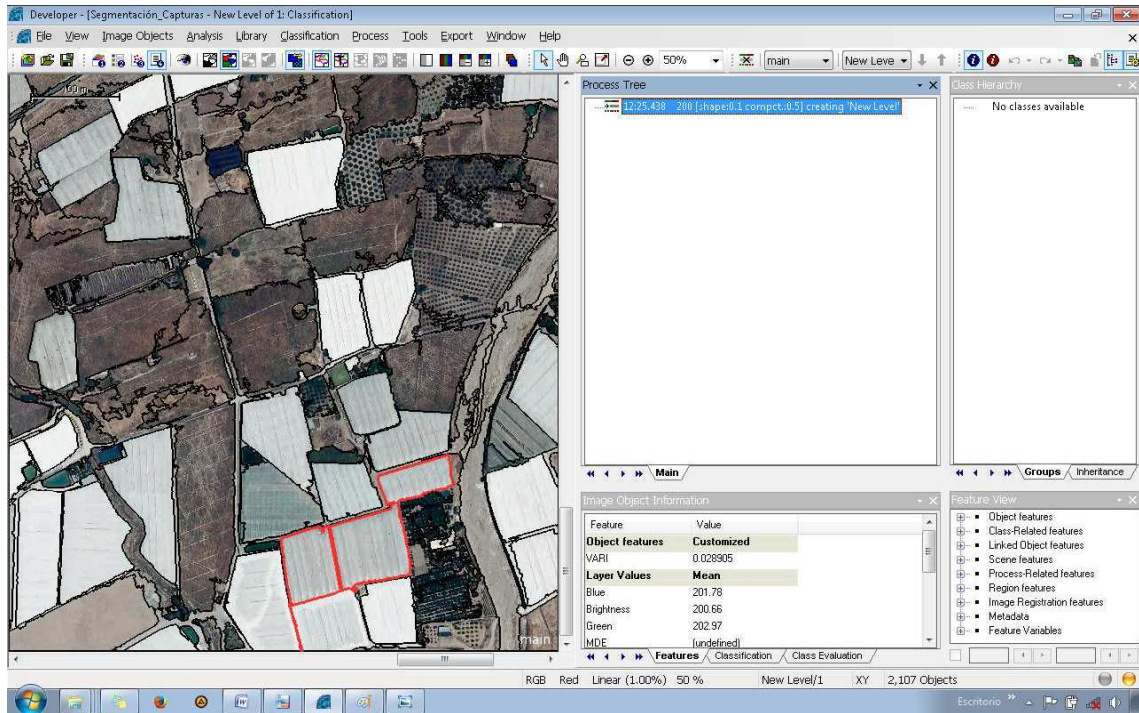


Ilustración 13. Ensayo con escala 200

A escala 200 (Ilustración 13) los objetos se adaptan bastante bien en cuanto la forma, pero siguen agrupándose las parcelas e incluso los invernaderos. Aunque éstos últimos se podrían corregir variando el factor de forma, es preferible encontrar una escala más óptima que seguramente será más pequeña.

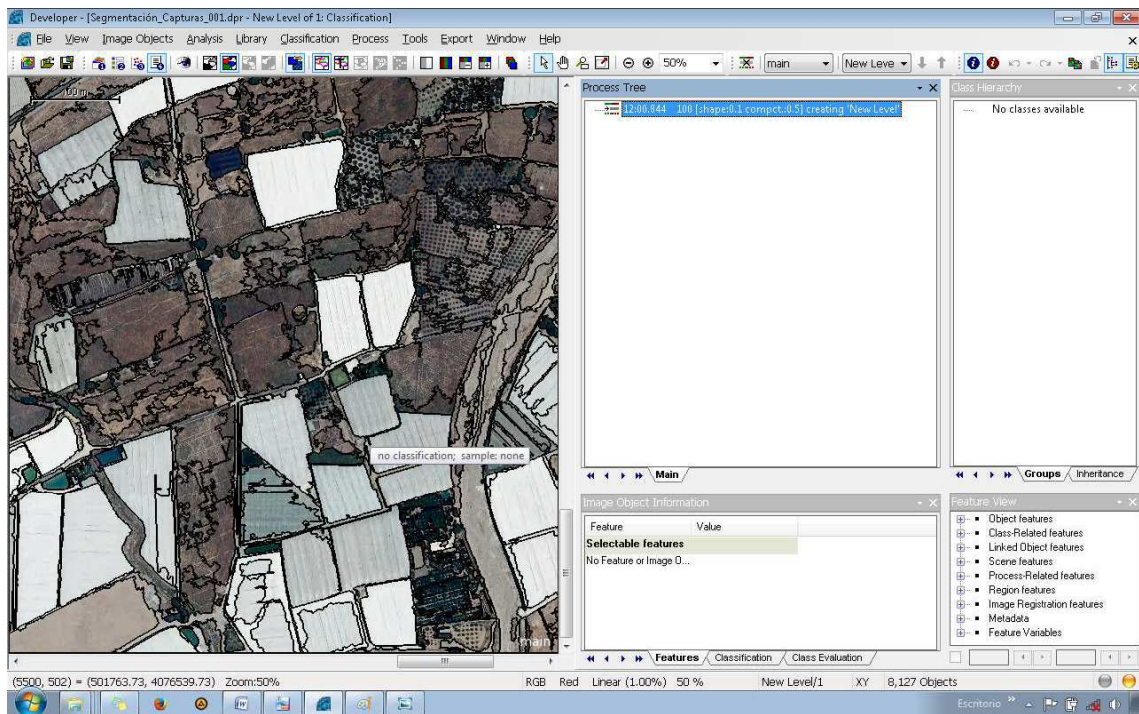


Ilustración 14. Ensayo con escala 100



Utilizando como valor de escala 100 (Ilustración 14), la segmentación resulta excesiva para el tamaño de los objetos. Los invernaderos y las parcelas comienzan a segmentarse en varios objetos. De estos ensayos deducimos que el parámetro de escala óptimo se encuentra entre 100 y 200. Por ello probamos con 150.

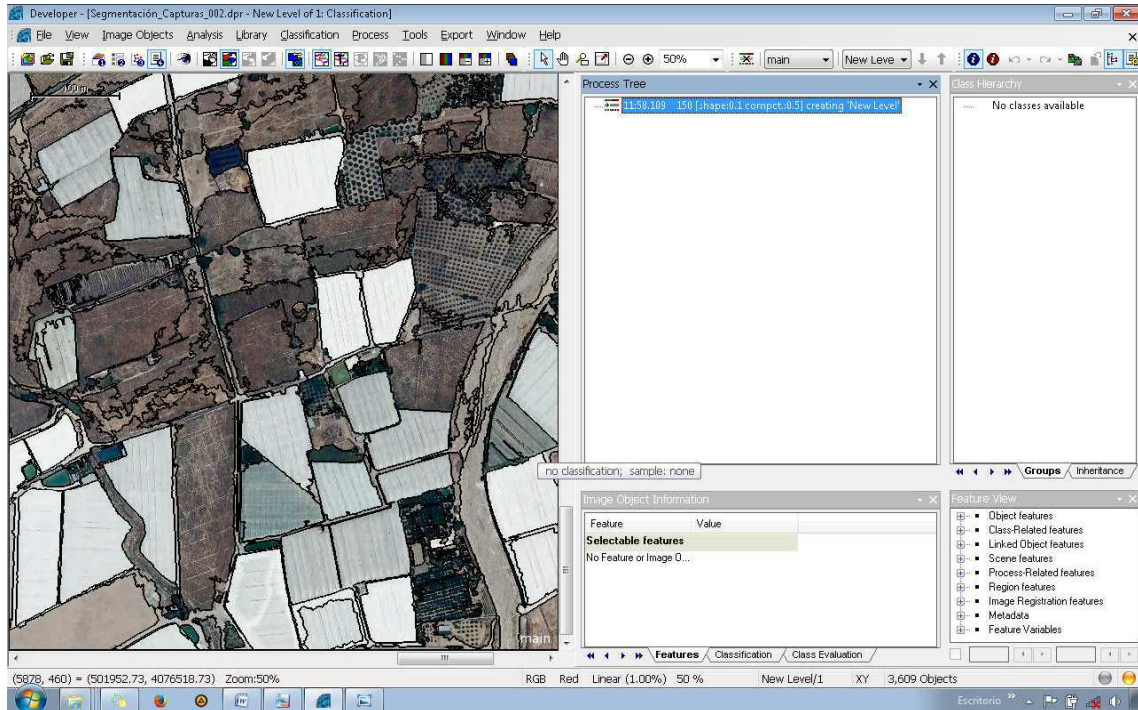


Ilustración 15. Ensayo con escala 150

Con el parámetro de escala fijado en 150, la segmentación se adapta mejor a los objetos que se pretenden clasificar (Ilustración 15), por lo que optamos por este parámetro como el óptimo.

Variando el factor "Shape" y manteniendo los otros con un valor fijo realizamos las siguientes pruebas. Este factor atiende a la importancia del color y la forma para la segmentación.



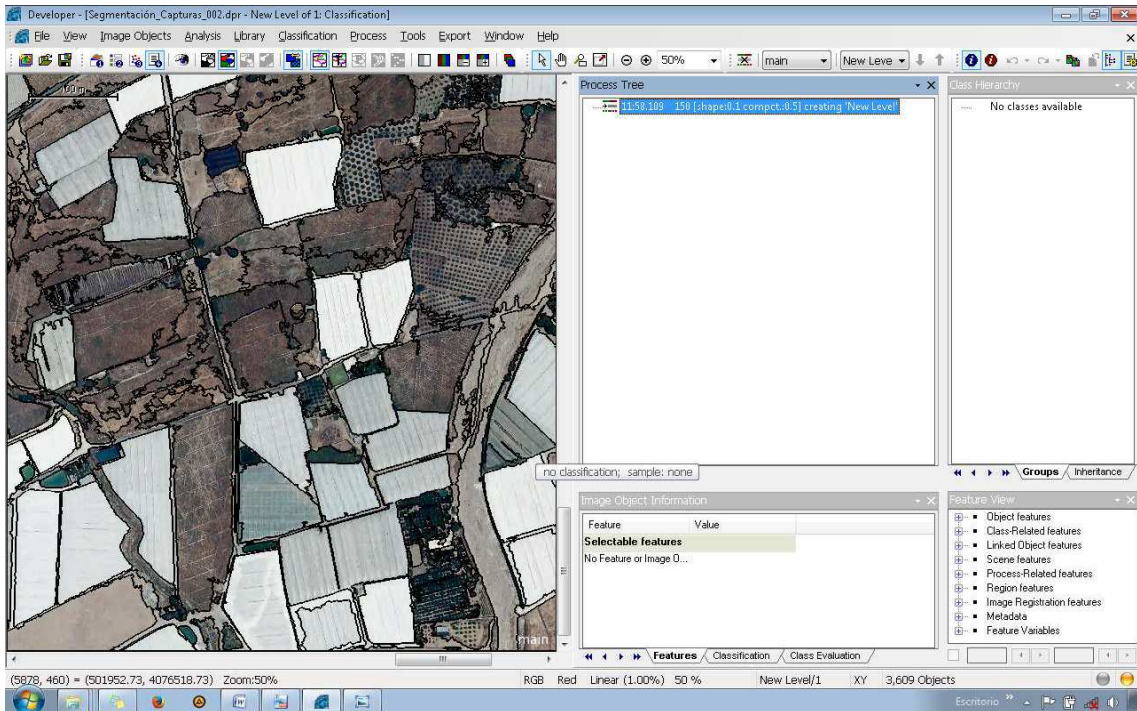


Ilustración 16. Ensayo con Shape=0.1

La Ilustración 16, con un Shape de 0.1, presenta resultados en invernaderos bastante buenos, pero las parcelas las segmenta en exceso.

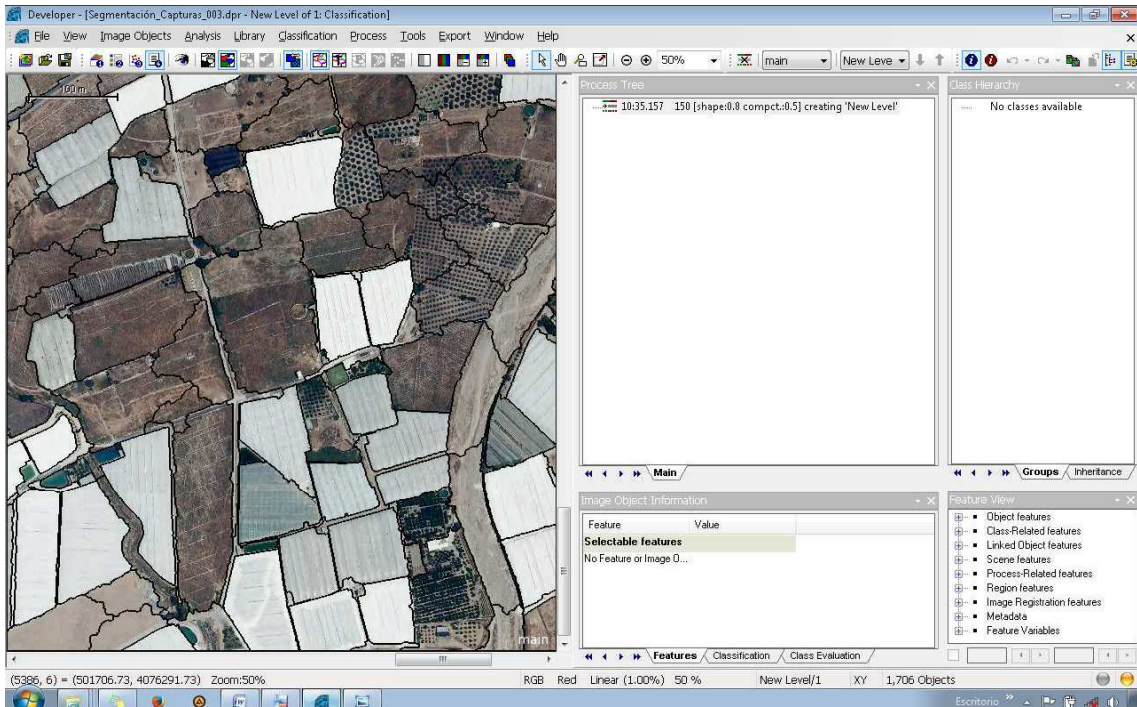


Ilustración 17. Ensayo con Shape=0.8

En el caso de un Shape de 0.8 (Ilustración 17), se pierde la forma de las parcelas donde no existen invernaderos y la tonalidad del terreno es parecida.



Tras los diferentes ensayos se opta por un Shape = 0.4 ya que es el resultado que crea la segmentación mejor (Ilustración 18).

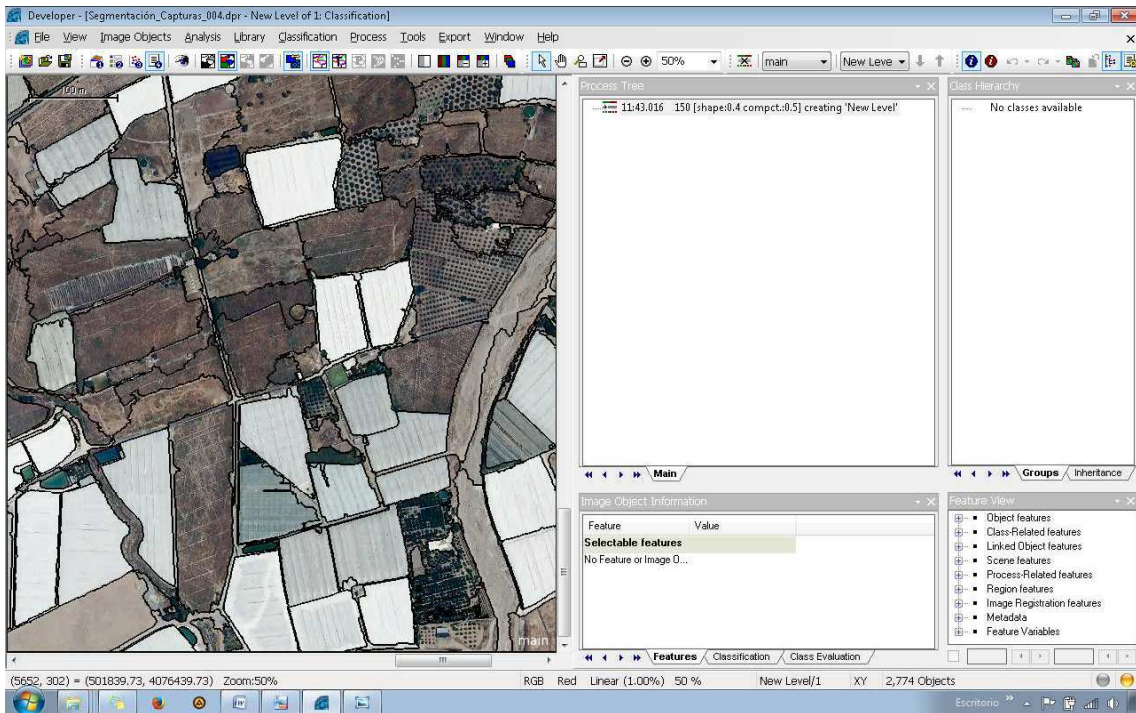


Ilustración 18. Ensayo con Shape=0.4

Vamos a estudiar ahora el valor del último parámetro, Compactness. Al darle coeficientes pequeños (e.g., Ilustración 19 con Compactness de 0.2) se observa que la forma de los objetos tiende a prolongarse con ramificaciones, y no se ajusta bien a la parcela. Sin embargo para calles y caminos si es una buena elección, aunque para nuestro proyecto no es recomendable.



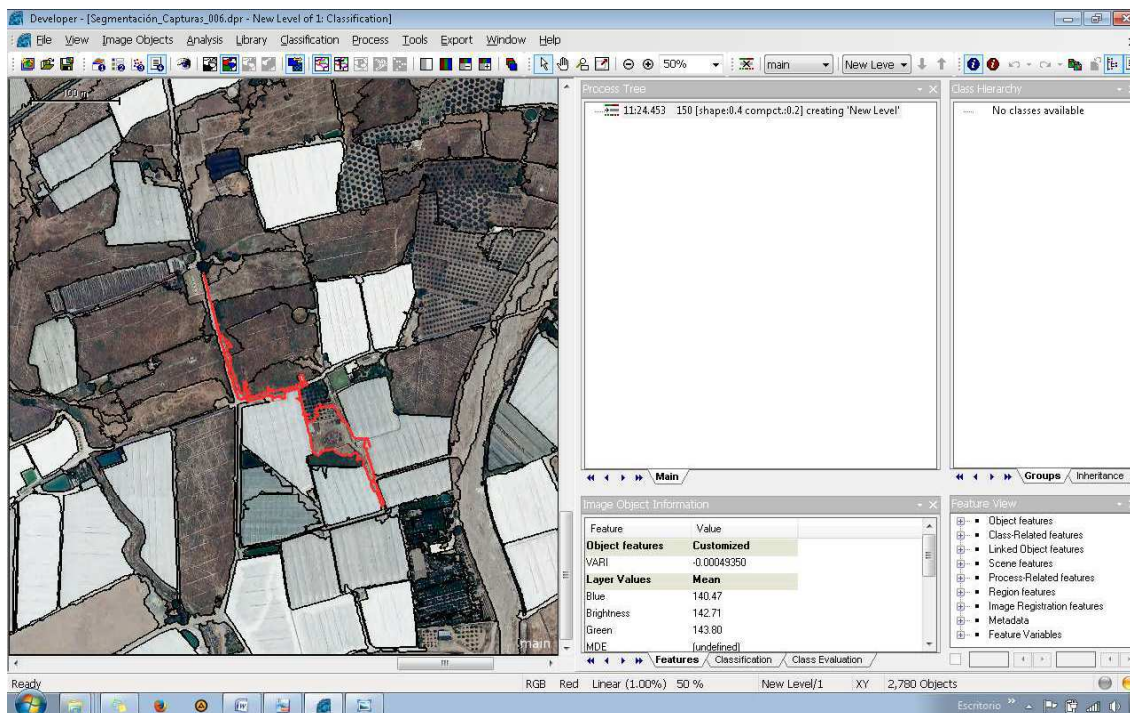


Ilustración 19. Ensayo con Compactness=0.2

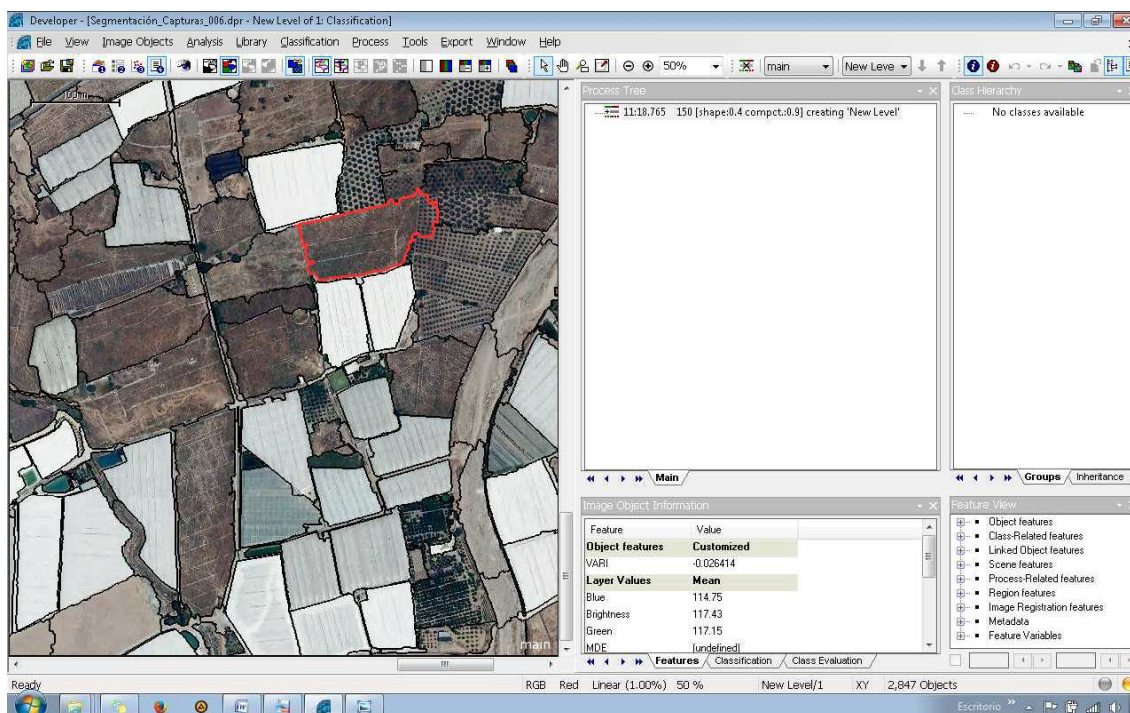


Ilustración 20. Ensayo con Compactness=0.9

En la Ilustración 20 se observa cómo, con un valor de compacidad alto, en general se mejora la segmentación. Pero donde los bordes no queden claros, el objeto tenderá a tener forma redonda creando imperfecciones en esquinas. Obsérvese también en aquellas parcelas donde el sustrato se parece, o no se aprecia límite claro en la foto, cómo pierden la forma poligonal.



Tras varios ensayos se opta por los siguientes parámetros: Scale 150, Shape 0.4 y Compactness 0.7

Una vez obtenida la segmentación con el algoritmo "spectral difference segmentation" intentamos optimizar la clasificación agrupando aquellos objetos segregados.

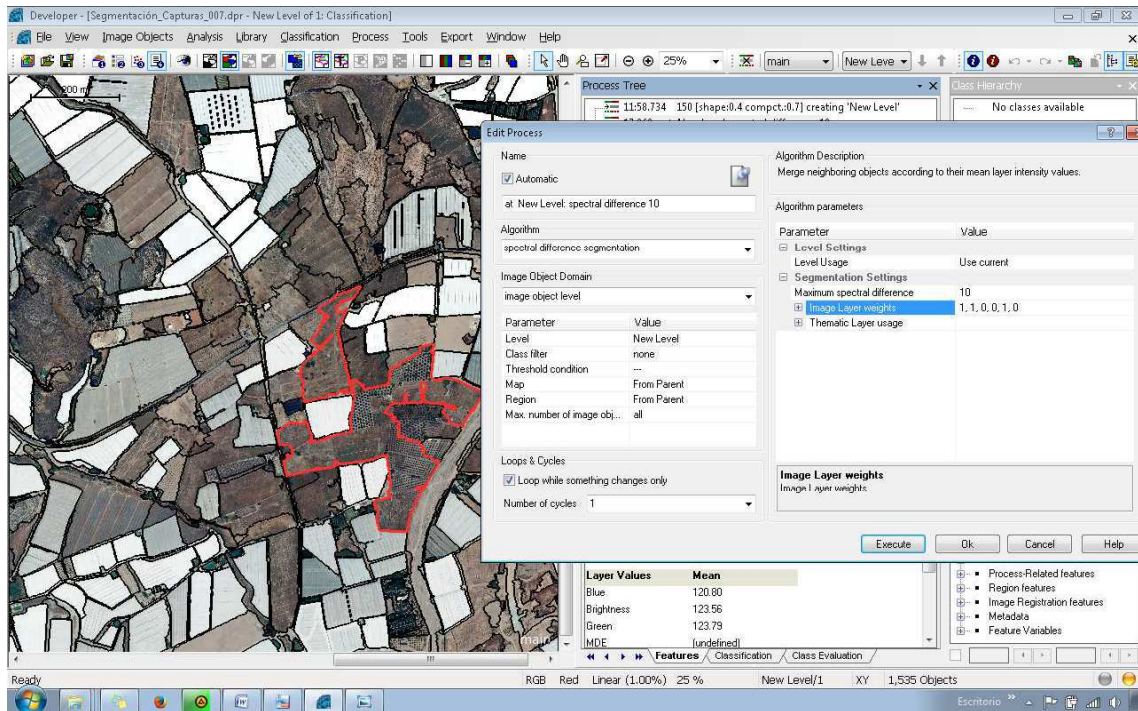


Ilustración 21. spectral difference segmentation

El resultado de la agrupación no es satisfactorio ya debido a la coloración del terreno agrupa varias parcelas con un resultado no deseado como se aprecia en la Ilustración 21.

Por ello la segmentación final realizada quedaría como en la Ilustración 22, con los parámetros Scale 150, Shape 0.4, Compactness 0.7 del algoritmo "multiresolution segmentation".



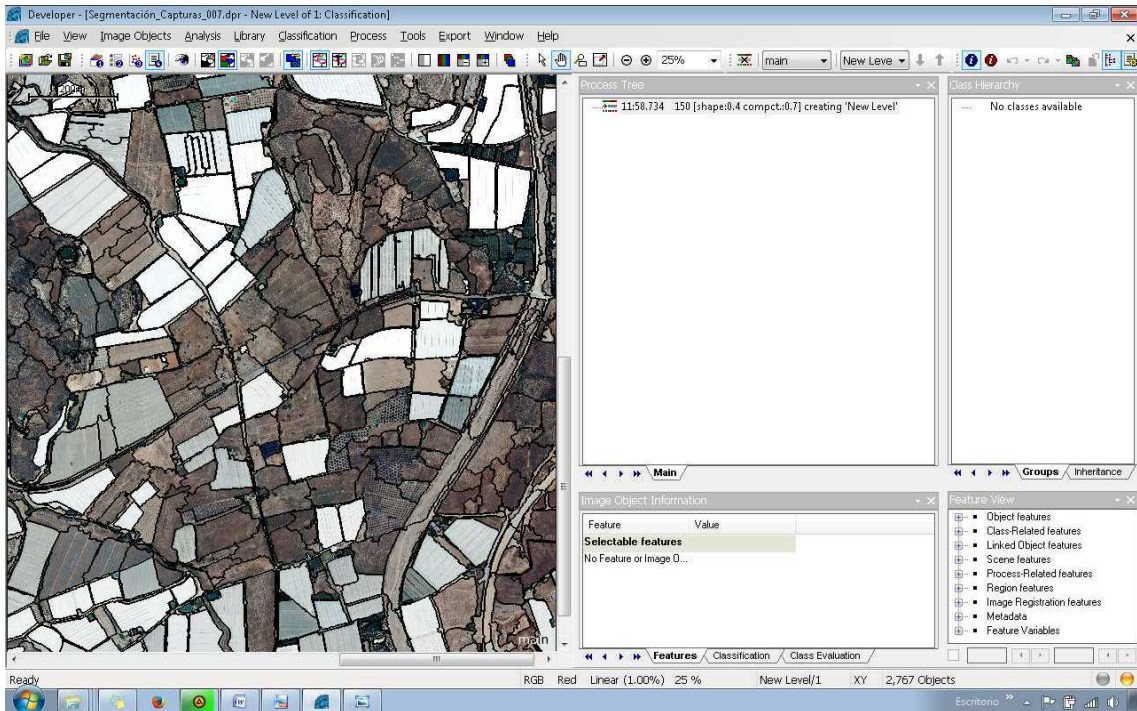


Ilustración 22. Segmentación final

2.3.3. Clasificación de objetos según usos del POTPA

Para la clasificación planteamos dos niveles, uno donde clasificaremos los usos de suelo según el POTPA, y otro para el uso del suelo agrícola como vemos la Ilustración 23.

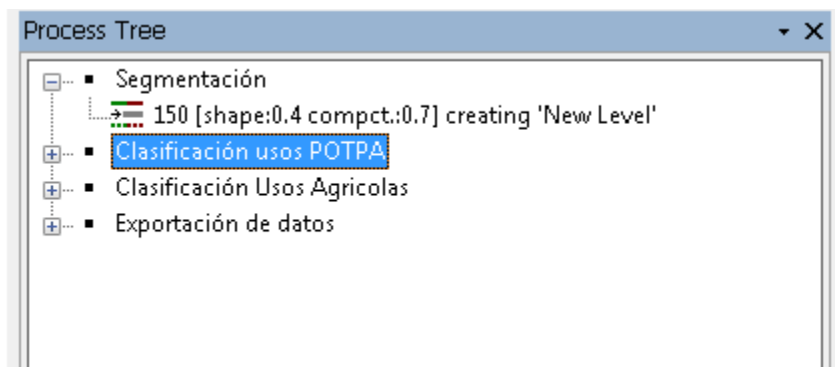


Ilustración 23. Esquema de procesos

Creamos un nuevo nivel al que llamaremos Usos de suelo, donde encontraremos los usos que afectan a la normativa, encontrando los usos "Formaciones Naturales" y "Uso agrícola" (Ilustración 24).



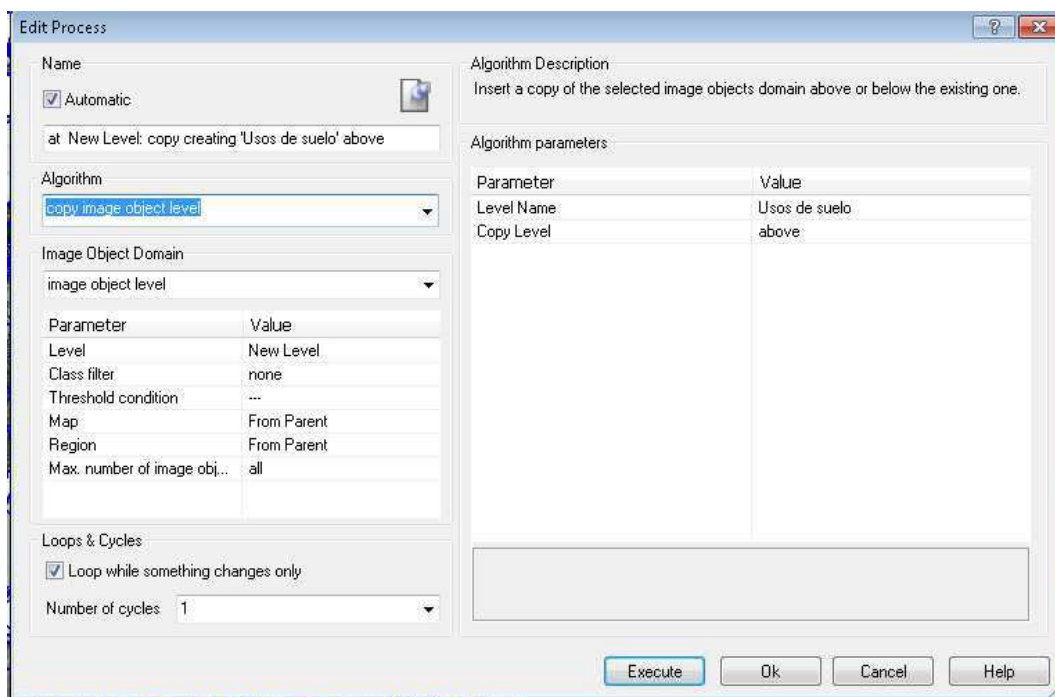


Ilustración 24. Creación del nivel "Usos de suelo" del POTPA

Clasificamos de forma automática aquellas parcelas que tengan una pendiente mayor del 23%, usando como criterio que pertenecen a la formación montañosa y no a las parcelas de uso agrario. Este criterio se toma tras muestrear las parcelas que se encuentran en el límite entre los dos usos. Para ello utilizamos la condición "Mean Slope" >23 utilizando el mapa de pendientes para ello (Ilustración 25).

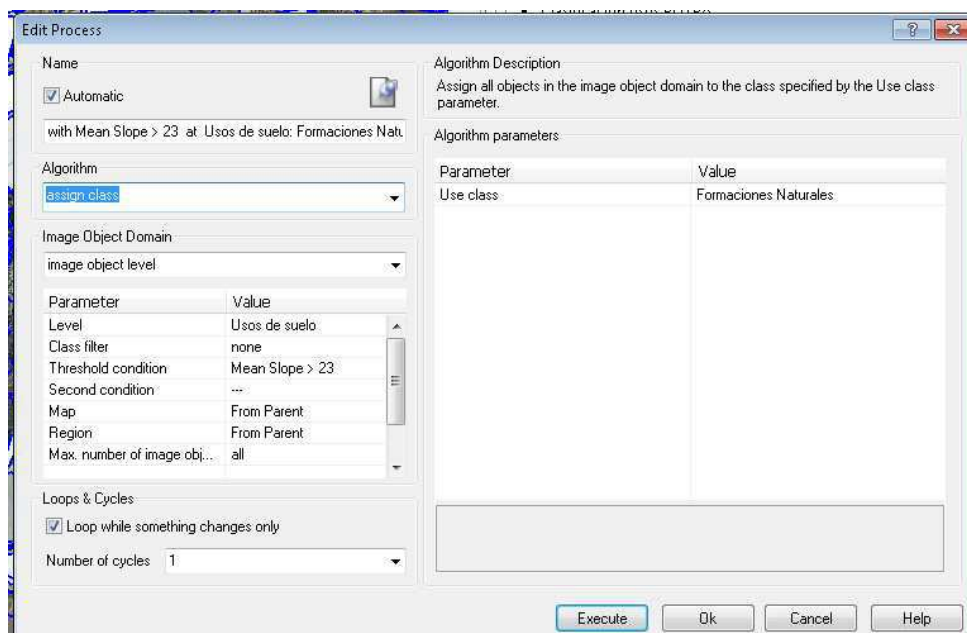


Ilustración 25. Clasificación por pendiente

Muestreamos y observamos las alturas de las parcelas y la formación montañosa con el valor del MDE (Ilustraciones 26 y 27).



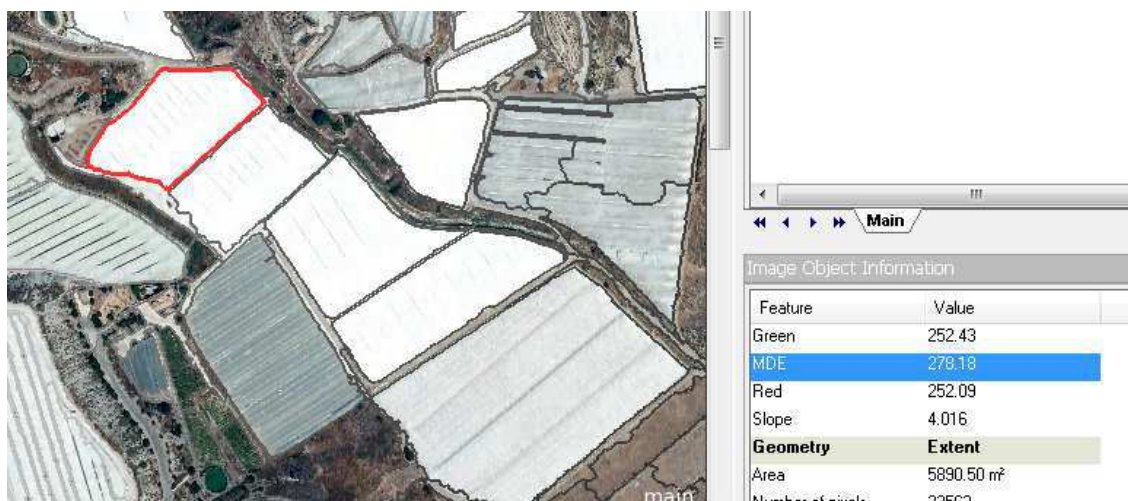


Ilustración 26. Muestreo MDE

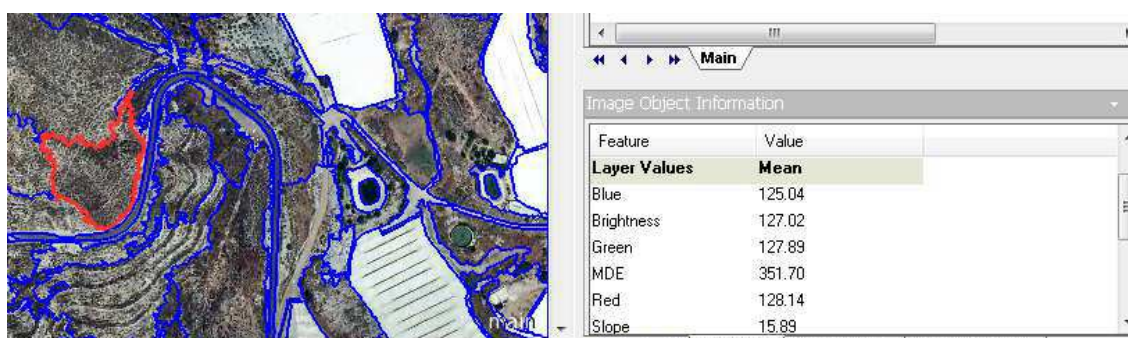


Ilustración 27. Muestreo MDE

Tras los muestreos en parcelas se toma como criterio para "Formación natural" $MDE > 325$. Con "assign class" le asignamos esta clase a las parcelas con esta característica (Ilustración 28).

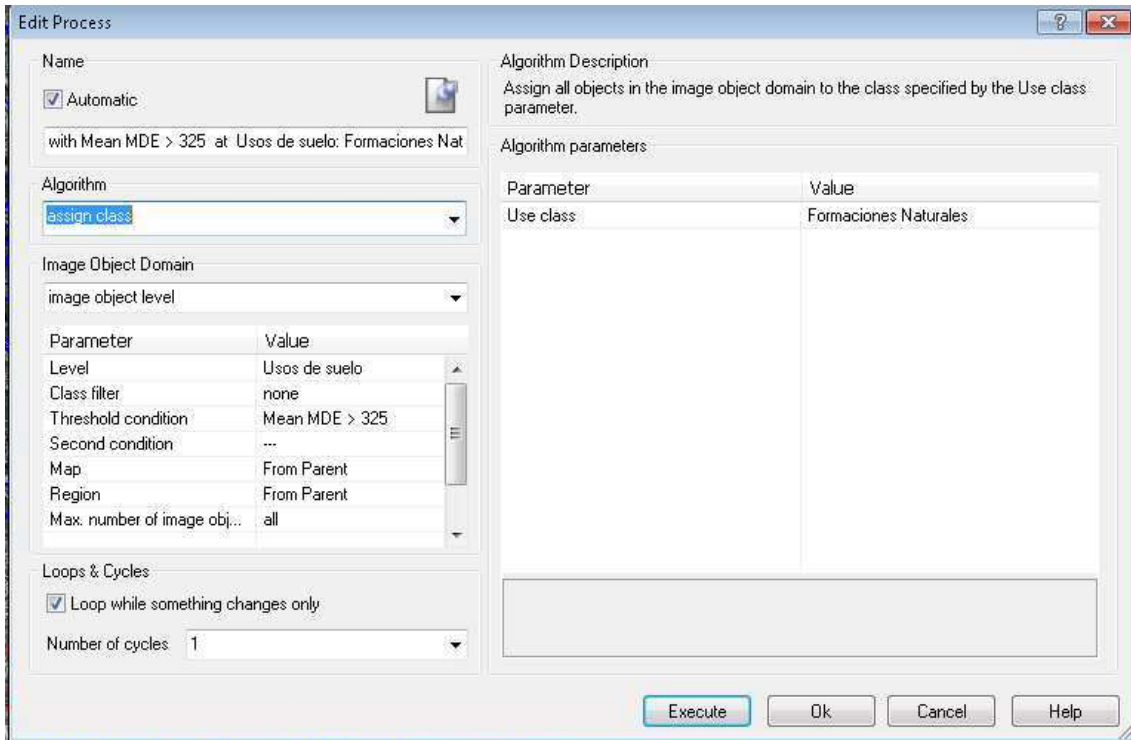


Ilustración 28. MDE>325m

Por último criterio para definir la Formación Natural, asignamos la condición de que la pendiente ha de ser menor del 10% y la elevación menor de 300 m. (Ilustración 29)

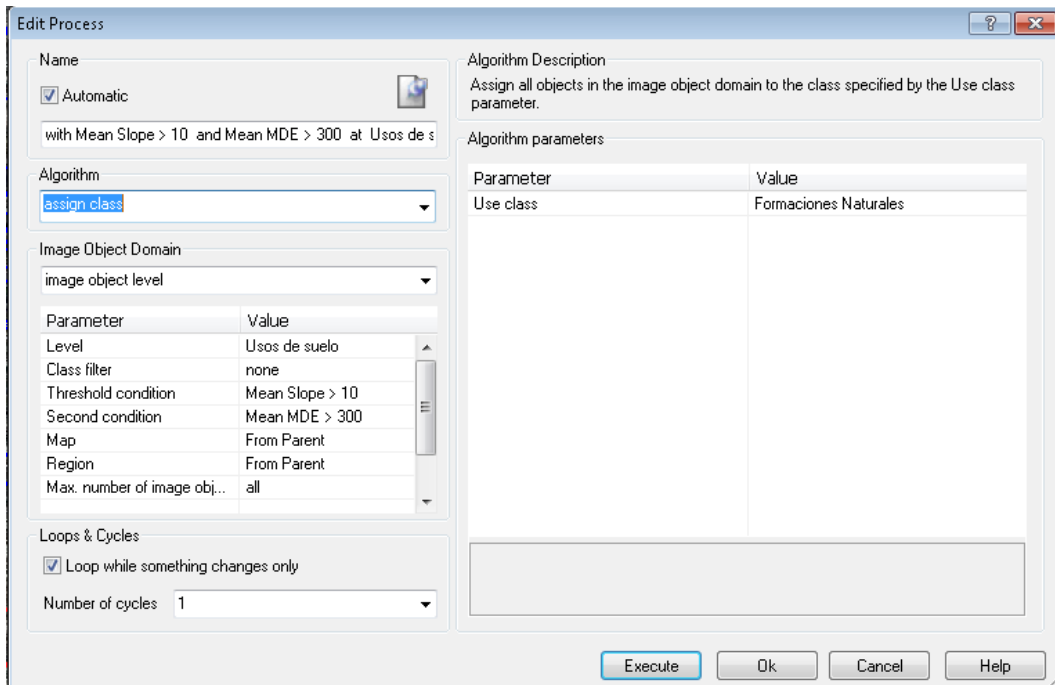


Ilustración 29. Slope>10, MDE>300

El suelo sin clasificar que queda es el "Uso Agrícola", por lo que a la clase "unclassified" le asignamos el valor de Uso agrícola como se aprecia en la Ilustración 30.



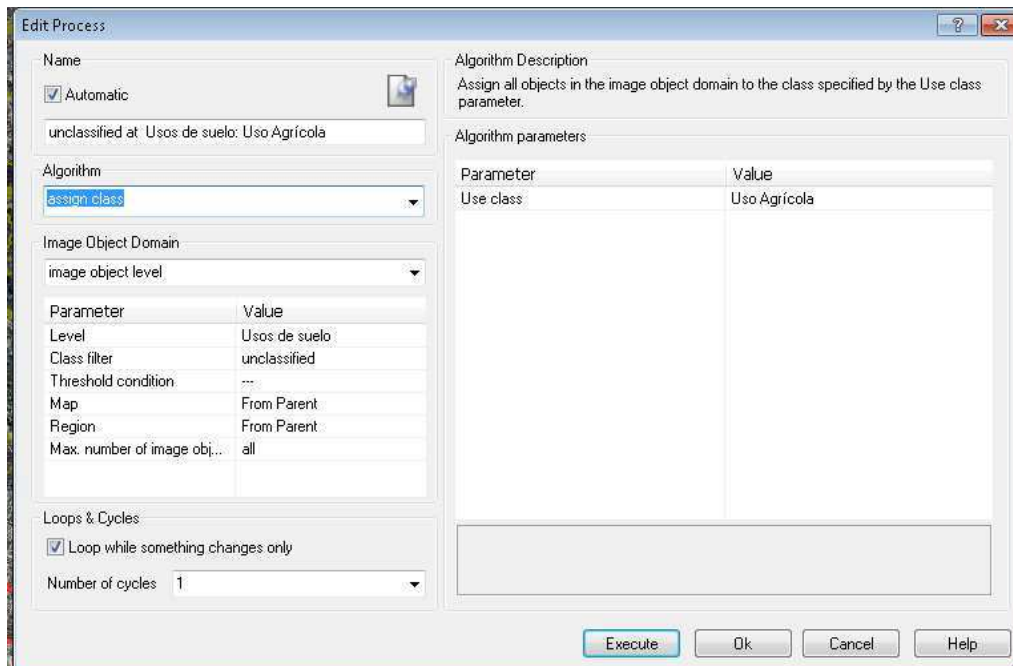


Ilustración 30. Uso agrícola

Con esto ya tendríamos clasificado el suelo los criterios del POTPA adaptado al trazado de las parcelas y el relieve de la formación montañosa, Ilustración 31.

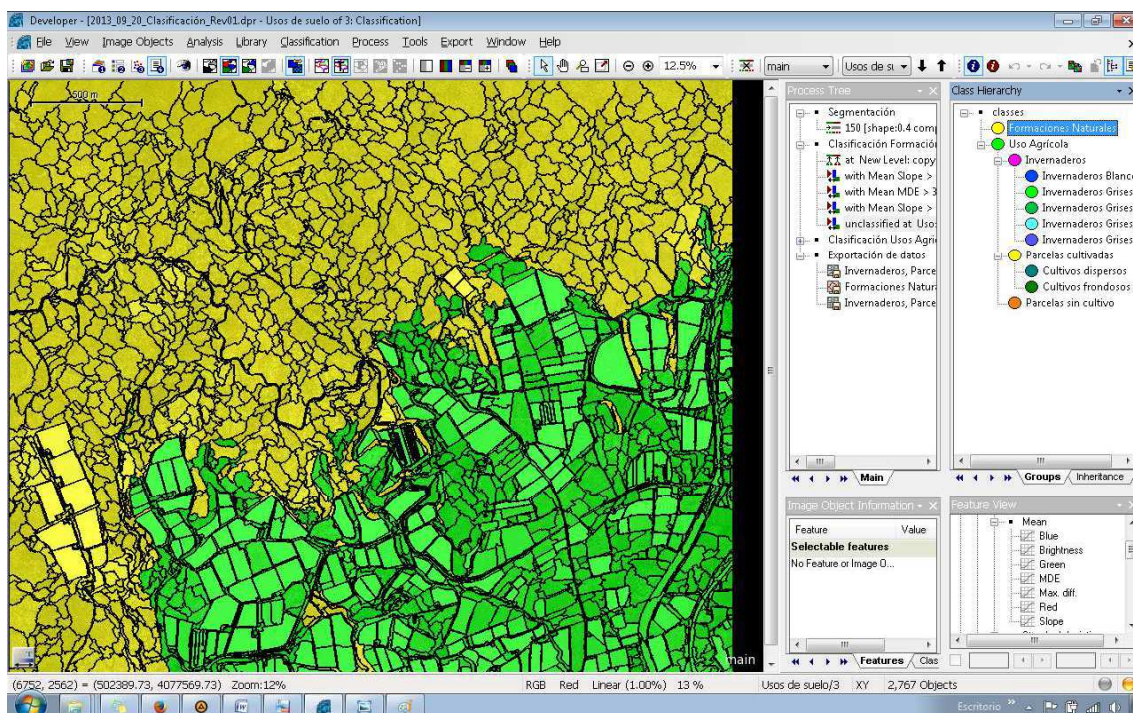


Ilustración 31. Clasificación de usos de suelo

2.3.4. Clasificación de objetos de "Uso Agrícola"

Como segunda parte del trabajo, se propone una clasificación de la zona de "Uso Agrícola".



Esta segunda parte lo que pretende es agilizar un control urbanístico de la zona, actualizando los usos que tienen las parcelas, o incluso un control sobre la superficie invernada, sin invernado o con cultivos tradicionales. Además otro enfoque que podría tener este tipo de prácticas mediante técnicas OBIA podría ser la actualización de planes de Ordenación, Catastros o incluso informes estadísticos de la zona.

Comenzamos la clasificación creando un nuevo nivel (Ilustración 32), que llamaremos "Usos Agrícolas". Una vez planteada esta clasificación pasamos a clasificar las parcelas del uso agrícola por el uso al que están destinadas en el momento de la toma de la ortofoto (Junio de 2011). Diferenciaremos entre Invernaderos, Parcelas sin cultivo y Parcelas cultivadas.

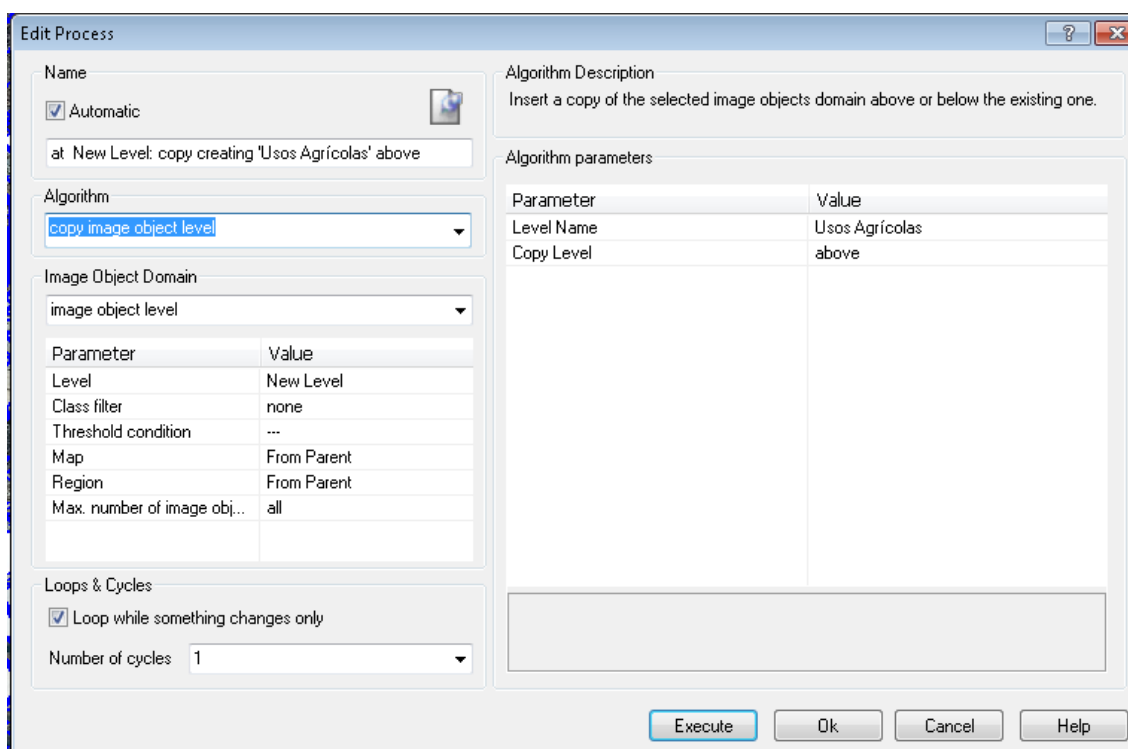


Ilustración 32. Creación del nivel "Usos Agrícolas"

Repetimos la clasificación de "Formación Natural", para tener un suelo sin clasificar que será nuestro suelo agrícola.



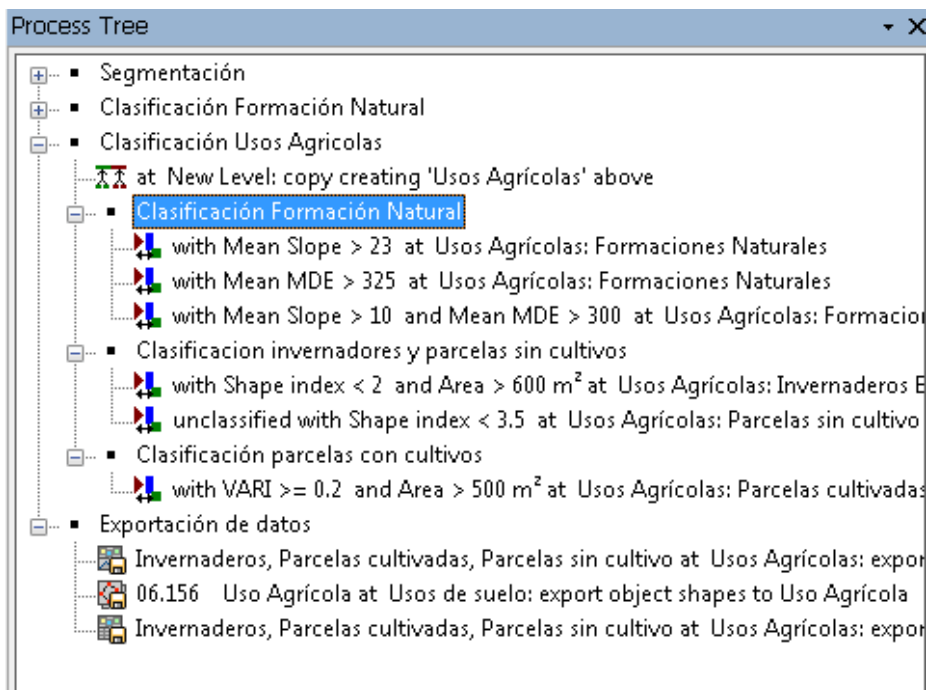


Ilustración 33. Árbol de procesos

La siguiente clasificación que planteamos en el árbol (Ilustración 33), invernaderos, la clasificaremos dentro de de 5 subclases: Invernaderos blancos, invernaderos grises01, invernaderos grises02, invernaderos grises03 e invernaderos grises04. Para discriminar de caminos y otros elementos, como pequeñas edificaciones rurales, o como casetas de apeos, se añade las condiciones de índice de forma sea mayor que 2 y que tengan un área mayor de 600 m². (Ilustración 34).

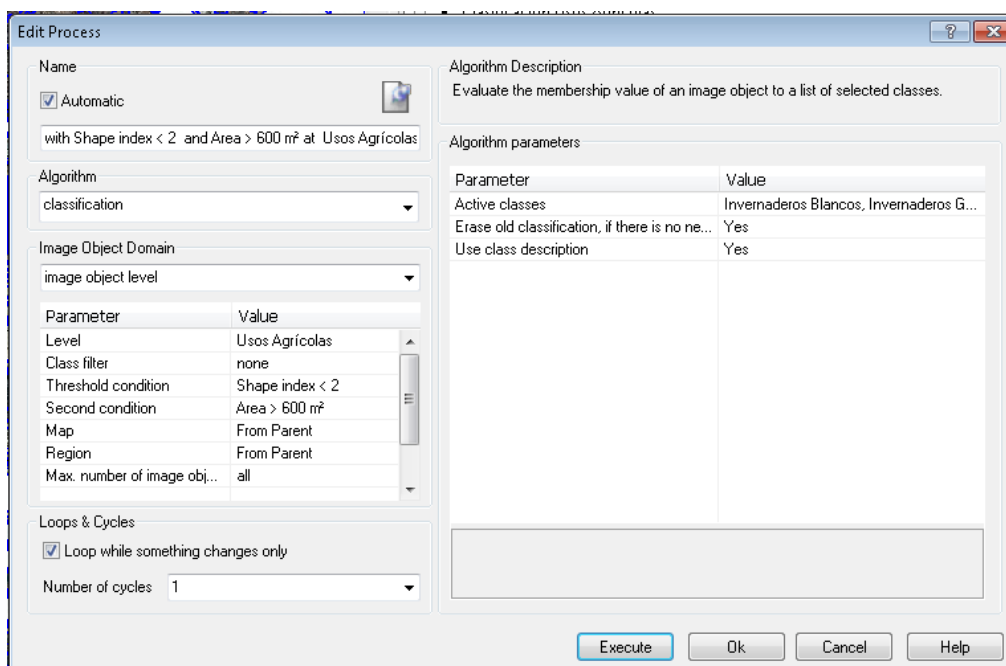


Ilustración 34. Clasificación Invernaderos



Esta clasificación se llevará a cabo definiendo clases a partir de sus características en la imagen, se denomina "entrenamiento del clasificador" y para ello seleccionaremos una serie de muestras de cada clase. Este método se denomina clasificación supervisada empleando el método no paramétrico del vecino más próximo "Nearest Neighbour". Consiste en clasificar características o entidades de los objetos que actuarán como filtro mediante la selección de objetos que compartan dichas características (Samples)

En nuestro caso los tres atributos o *features* escogidos para la realización de la clasificación supervisada han sido los valores medios del canal rojo, del verde y del azul, excluyendo MDE y Slope, ya que estos nos han servido ya para excluir los objetos que pertenecen a "Formaciones Naturales".

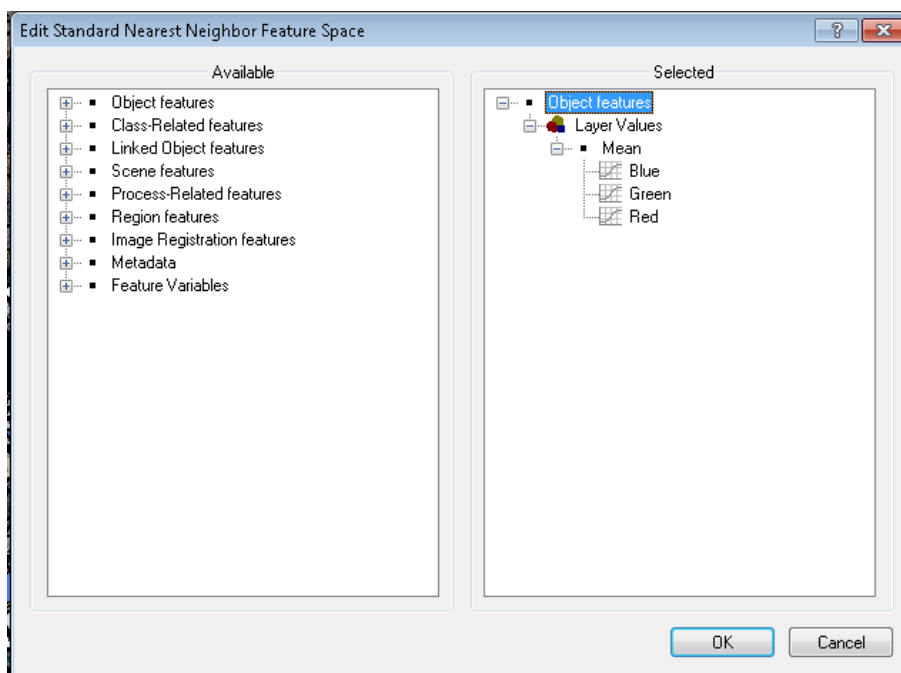


Ilustración 35. Selección de atributos

Seleccionando las muestras de cada clase, obtenemos los parámetros donde han de oscilar los objetos que nos clasificará el algoritmo.



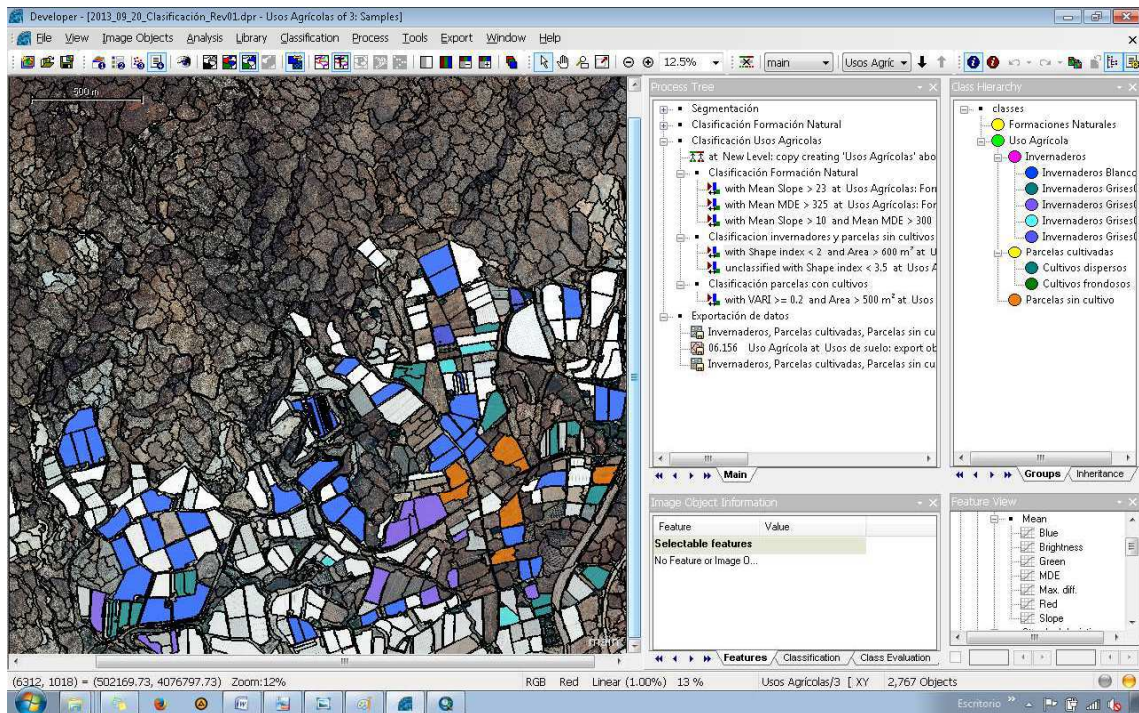


Ilustración 36. Selección de muestras o "Samples"

Para ver la calidad de las muestras usamos "sample editor", Ilustración 37, donde se observa la dispersión de éstas, o incluso el grado de confusión con entre dos clases, Ilustración 38.

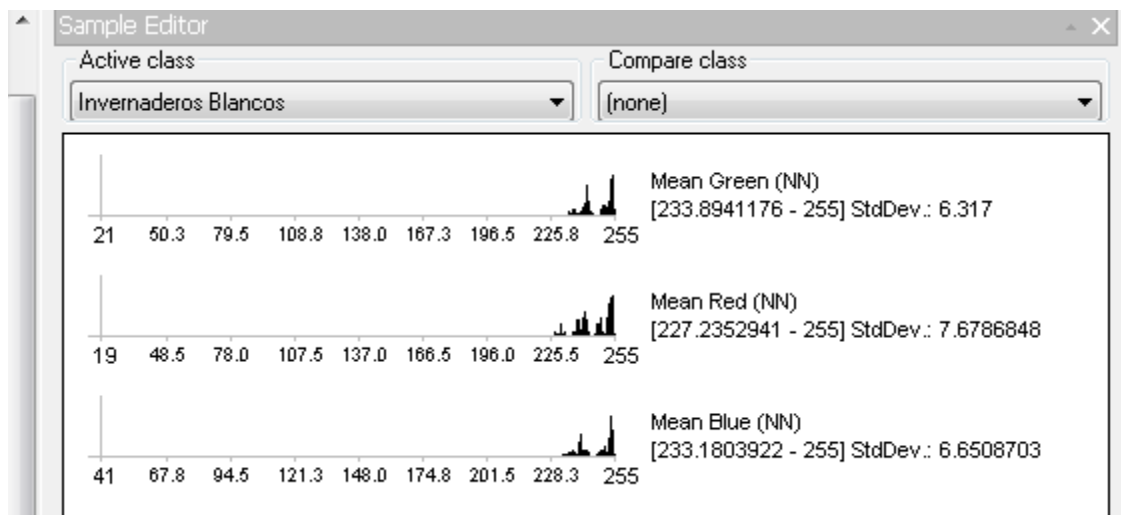


Ilustración 37. Editor de muestras



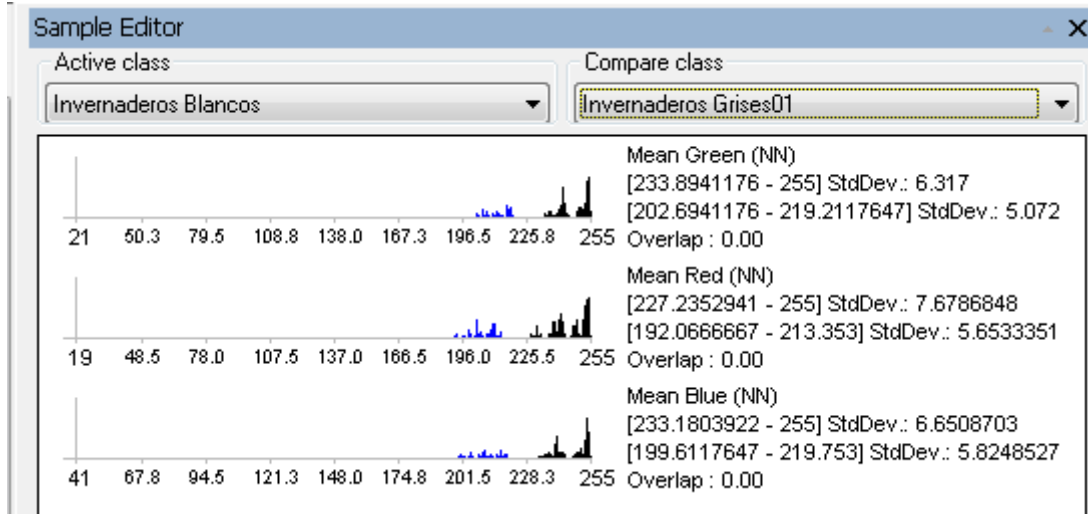


Ilustración 38. Comparación de la dispersión de muestras

Para mayor certeza en la clasificación modificamos el Membership value de 0.1 que viene por defecto, a una seguridad de 0.95, que quiere decir que sólo se clasificarán los objetos con una seguridad del 95%, Ilustración 39.



Ilustración 39. Membership value

Una vez clasificados los invernaderos, comenzamos la clasificación de las parcelas sin cultivo. Para ello haremos una clasificación de los objetos que quedan sin clasificar con el mismo método que los invernaderos, pero como condiciones pondremos "Shape index<3,5", tal y como mostramos en la Ilustración 40.



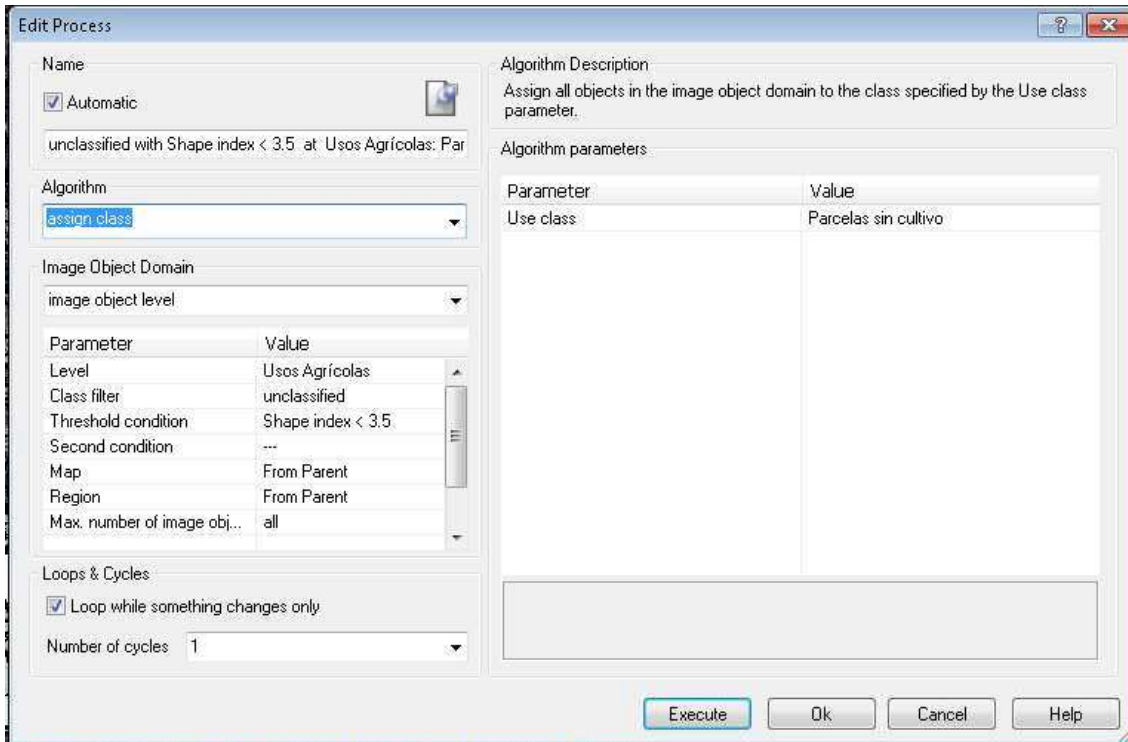


Ilustración 40. Clasificación de "Parcelas sin cultivo"

Para la última clase, optaremos por el índice de VARI usado por Tatantino y Figorito (2012) para discriminar invernaderos en zonas rurales, como vemos en la Ilustración 41.

$$\text{VARI} = (\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue})$$

Tras varios ensayos y propuestas de fórmulas para discriminar los objetos con píxeles verdes, esta es la que mejor resultado ha dado, pero aún así esta clase es la más problemática de clasificar. Esto es debido a la existencia de cultivos dispersos, a invernaderos que tienen el plástico sin blanquear conteniendo cultivos frondosos que les proporcionan tonalidad verdosa, y a que seguramente sea más fácil incrementar la diferencia entre parcelas cultivadas y no cultivadas con una banda infrarroja, de la cual no se dispone. Por todo esto el VARI que lo usaremos al final, no es determinante en este proyecto. Una posible alternativa al uso de la banda infrarroja, podría ser utilizar como otro elemento discriminante la condición la textura.



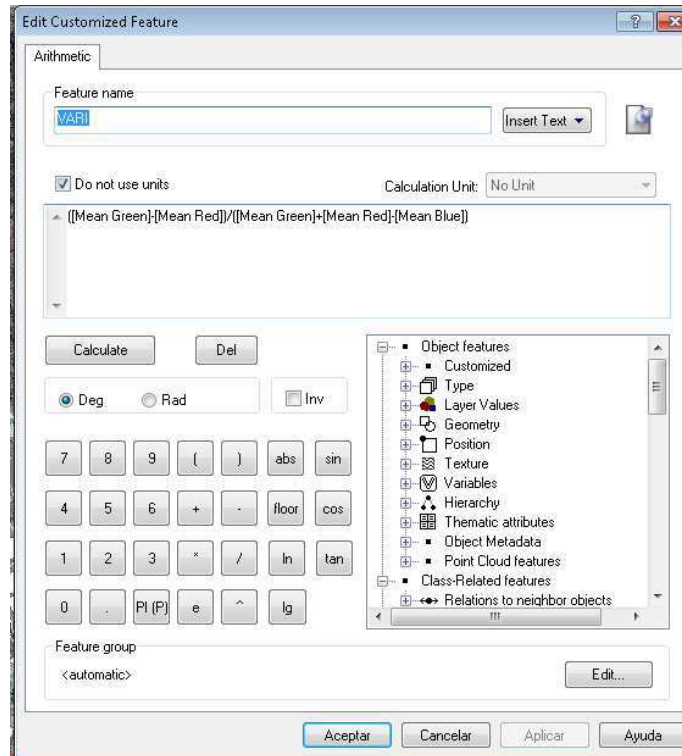


Ilustración 41. VARI

La clasificación en este caso será manual con el algoritmo "assign class" ejecutado sobre usos agrícolas, con la condición de que $VARI > 0.2$ y su área mayor que 500 m^2 . (Ilustración 42).

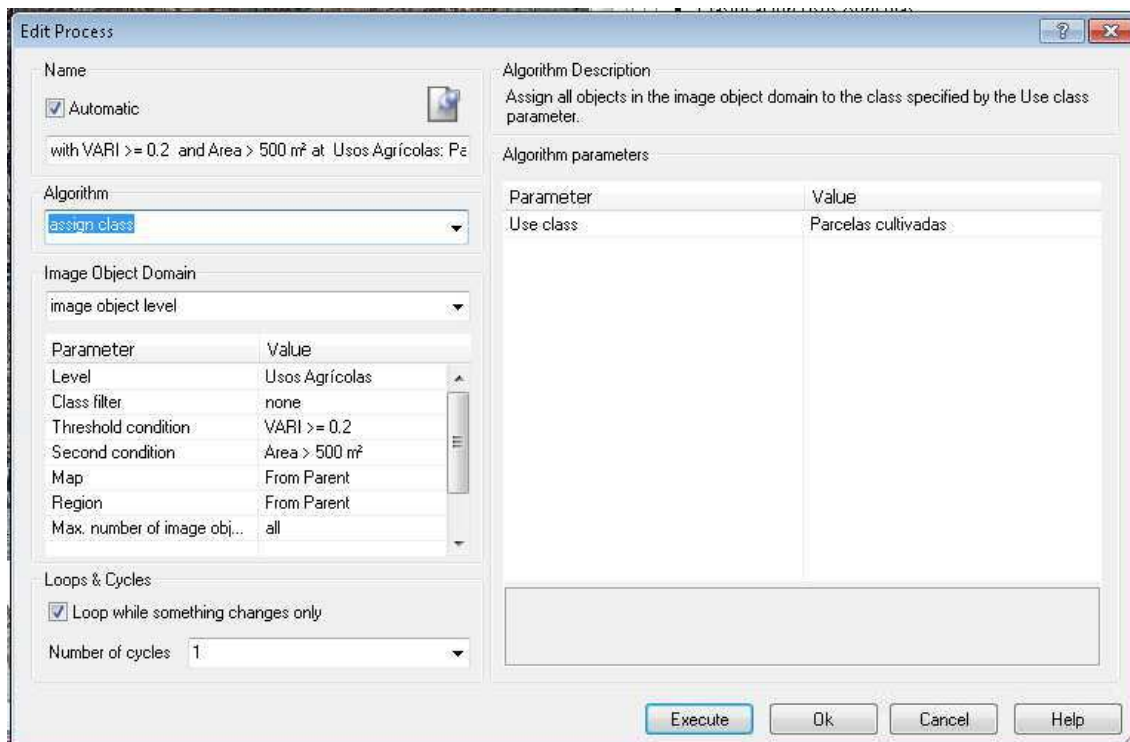


Ilustración 42. Clasificación "Parcelas cultivadas"



La clasificación quedaría de la siguiente manera:

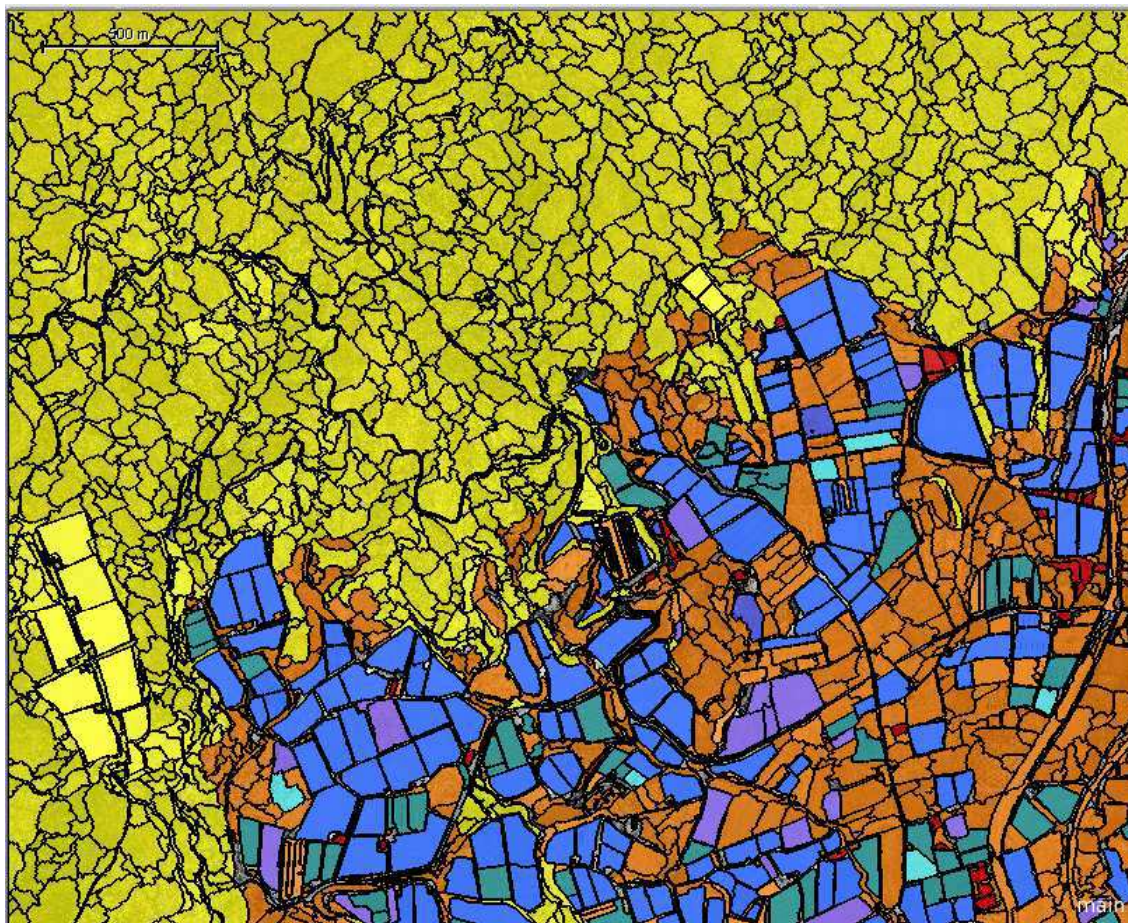


Ilustración 43. Clasificación "Usos Agrícolas"

3. Resultados

3.1. Usos de suelo según el POTPA

Como comprobación del resultado obtenido en la primera parte de la clasificación, exportamos las capas a ArcGis y vemos si realmente se adapta la clasificación del suelo a las parcelas y al relieve del terreno. Lo que se ha pretendido con esta clasificación, es adecuar las directrices de este plan al relieve del terreno y a las parcelas, de una forma rápida y con unos criterios tomados, en este caso, por el autor del trabajo.



Ilustración 44. Clasificación obtenida según POTPA





Ilustración 45. Clasificación del POTPA

Comparando ambas imágenes, se observa cómo en la Ilustración 45, los límites de los usos de suelo no tienen ninguna regla concreta, siendo de difícil aplicación para el ejercicio de esta normativa. Sin embargo en la clasificación propuesta en la Ilustración 44, con unos criterios que podrían variar en función de lo que se pretenda contemplar dentro de cada uso, se consigue adaptar los límites a las parcelas.

3.2. Suelo de uso agrícola del POTPA

Como evaluación del éxito de la clasificación, analizamos la clasificación con una matriz de error o de confusión.

La comparación entre los resultados de la clasificación y los de la verificación se realiza mediante la confección de una matriz cuadrada en la que las columnas recogen las clases propuestas por el clasificador y las filas la ocupación real, y que se conoce como matriz de confusión (Pinilla, 1995).

La matriz de error analiza la cantidad de muestras clasificadas comparándolas con el mapa de referencia o *Ground Truth*, que hemos digitalizado en formato vectorial (.dxf) como vemos en la Ilustración 46, para después exportarlo a ArcGis y crear un ráster con el que se comprobarán la exactitud de la clasificación.





Ilustración 46. Ground Truth

Para verificar la clasificación hecha, se ha digitalizado con un programa Cad, la zona piloto, creando polígonos cerrados en tres capas diferentes: Invernaderos, Parcelas cultivadas y Parcelas sin cultivo. Este archivo se ha exportado a ArcGis en formato dxf para posteriormente pasar el archivo vectorial a ráster.

Con el software eCognition, cargamos el ráster creado mediante "Load TTA Mask". Mediante esta máscara asignamos una clasificación a cada uno de los objetos cubiertos. Utilizando la herramienta "Accuracy Assessment", Ilustración 47, y seleccionando la opción "Error matrix based on samples" podemos obtener una estimación de la calidad de nuestra clasificación. Esta opción nos da el resultado de la comparación entre el ráster que utilizaremos como plantilla y nuestra clasificación, comprobando las coincidencias de objetos entre la clasificación automática y el ground truth. Para comparar las clases, las seleccionamos (Invernaderos, parcelas sin cultivo, y parcelas cultivadas). Para indicar que clase se identifica con que píxel, lo que hacemos es crear un archivo .csv en excell, como el de la Ilustración 48, donde el primer dígito es el que interpreta el código del ráster, los tres siguientes son el tono como se vería en eCognition, y el último es el nombre de la clase a la que pertenece en eCognition.



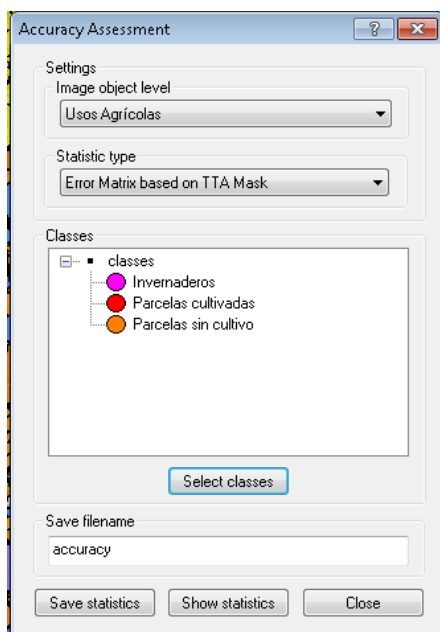


Ilustración 47. Accuracy Assessment

id,Red,Green,Blue,Class_Names
50,255,0,0,Invernaderos
10,200,0,0,Parcelas cultivadas

Ilustración 48. Tabla excel (.csv)

La matriz de confusión resultante:

User Class \ Sample	Invernaderos	Parcelas cultivadas	Parcelas sin cultivo	Sum
Confusion Matrix				
Invernaderos	237	0	9	246
Parcelas cultivadas	2	17	0	19
Parcelas sin cultivo	26	21	340	387
unclassified	9	1	49	59
Sum	274	39	398	
Accuracy				
Producer	0.865	0.4358974	0.8542714	
User	0.9634146	0.8947368	0.8785530	
Hellden	0.9115385	0.5862069	0.8662420	
Short	0.8374558	0.4146341	0.764	
KIA Per Class	0.7935248	0.4204091	0.6802066	
Totals				
Overall Accuracy	0.8354430			
KIA	0.7064161			

Ilustración 49. Matriz de confusión

Nos indica que la clasificación de invernaderos ha sido muy buena, ya que de 274 invernaderos existentes en el mapa de referencia, 237 han sido bien clasificados, lo que equivale a alrededor de un 86% de precisión. El porcentaje real sería más alto, ya que las imperfecciones sobre todo se presentan en segregaciones pequeñas de la segmentación que suman gran cantidad de invernaderos, ya que 9 han sido



confundidas como no clasificadas y 26 han sido confundidos con parcelas no cultivadas. Estas últimas si se deben tener como error, aunque es debido a la tonalidad del terreno grisáceo por ser terreno pedregoso, o incluso por tratarse de invernaderos en proceso de construcción o sin cubierta. Por todo ello este resultado es muy satisfactorio.

En lo referente a las parcelas sin cultivo, de 398 objetos existentes en el mapa de referencia digitalizado manualmente, se han clasificado bien 340, un 85% de éxito. Al igual que con los invernaderos existe el problema de las pequeñas segregaciones que no han coincidido con el "Ground Truth", además de aquellas parcelas que quedan pegadas a la formación montañosa perteneciendo a uso agrícola que no se diferencian claramente los límites, por lo que con toda certeza el porcentaje real de acierto será considerablemente superior. Esto lo confirma que todos los errores han sido con terrenos sin clasificar.

Sin embargo, en el caso de las parcelas cultivadas, de 39 reales, sólo se han clasificado correctamente 17. Esto nos indica un acierto de sólo un 43%. pero aquí hay que hacer hincapié en varios aspectos. Por un lado que 21 errores han sido con parcelas sin cultivo, siendo esto debido a que son cultivos dispersos y el promedio de píxeles verdes baja considerablemente, en consecuencia su VARI. Una posible solución sería haber clasificado con condición de textura o haber dispuesto de una banda infrarroja.

Respecto al porcentaje de muestras usadas para entrenamiento, en el caso de invernaderos es mayor, debido a las 5 subclases en que se ha dividido esta clase. En concreto, se han tomado para cada subclase 15 objetos para el entrenamiento del clasificador. Para las parcelas cultivadas sólo podemos utilizar el % de aciertos, ya que en este caso la clasificación que se ha realizado ha sido por características o atributos de objeto.

	Invernaderos	Parcelas sin cultivos
Samples	60	67
Clasificados	274	389
%	21	17

Ilustración 50. % Samples/clasificados

Los porcentajes de entrenamiento están en torno al 20% por tanto podemos decir que la clasificación ha sido exitosa para ambas muestras, ya que si para una muestra asignamos mayor número, la clasificación de una clase a otra estaría.



4. Discusión.

En las ilustraciones 44 y 45 vemos como quedan algunos invernaderos fuera de la zona de uso agrícola, esto es debido a los criterios aplicados de pendiente y altura sobre el nivel del mar, por lo que entendemos que se encuentran realmente contruidos fuera de este uso, según los criterios elegidos. Como hemos explicado en el apartado "1.3. Problemática que se plantea", el trabajo con el trabajo se pretende hacer una propuesta para la delimitación del plan y evidenciar el problema que tiene para su aplicación en el urbanismo.

En la clasificación de invernaderos, el porcentaje de acierto es del 86% y de las parcelas sin cultivo 85%, aunque se ve influenciado por pequeños errores en segmentos pequeños debido a los condicionantes que se han impuesto, como el área y la forma, a veces quedando sin clasificar. Esto podría ser corregido con una mejor calidad de la imagen. Pero lo que de verdad condiciona, y podríamos decir que éste porcentaje sería mucho más alto, sobre todo en el caso de las parcelas sin cultivar es aquellas parcelas que no quedan bien limitadas por encontrarse en la falda de la montaña. Los invernaderos también tienen el inconveniente de la textura del suelo de algunos terrenos que no quedan claros en la imagen, por ser invernaderos en construcción, o que no tienen la cubierta de plástico, o incluso no están blanqueados, dando confusión con parcelas cultivadas por el aumento de la presencia de píxeles verdes que aumentan el VARI.

En la clase parcelas cultivadas, el acierto es del 43%, siendo la clase más problemática. Está compuesta por cultivos tradicionales dispersos que bajan la presencia de la banda del canal Verde de la imagen. Otro problema encontrado es que, aquellos invernaderos sin blanqueo que toman tonalidad verdosa debido a un cultivo frondoso. La posible solución para este problema es utilizar una banda infrarroja, que sería más determinante que el VARI. El uso de clasificar mediante texturas es otra opción que podría plantearse como solución, aunque posiblemente plantee confusión con aquellas parcelas donde la tonalidad del terreno es muy irregular.



5. Conclusiones.

El trabajo realizado pone de manifiesto la aplicación de técnicas OBIA como alternativa al tedioso trabajo en proyectos de planificación urbanística o territorial. Se ha tenido el POTPA como objeto de estudio y posible solución a la problemática que plantea. Es decir la falta de adaptación a las parcelas y la topografía real del terreno. Para ello se ha hecho un estudio en una zona piloto del T.M. de Berja, donde el suelo se ha destinado al uso agrícola respetando la zona montañosa como formación natural. El resultado ha sido exitoso ya que, con unos criterios que se han aplicado, se ha dado con una clasificación que realmente se adapta a la forma de las parcelas y el relieve montañoso de esta zona.

Para un proyecto técnico como los que actualmente se llevan a cabo de actualización de planes o delimitación sobre el terreno de éstos, permite un ahorro de tiempo y trabajo considerable la aplicación de estas técnicas, siendo el coste muy bajo en relación a una delimitación de estos mediante otras técnicas como delineación en CAD.

En la segunda parte del trabajo, la clasificación realizada de la zona de estudio, hace posible un control del urbanismo a gran escala, pudiendo averiguar tanto la superficie o parcelas que se encuentran invernadas, no invernadas o con cultivos tradicionales.

La clasificación ha sido buena con más de un 85% en invernaderos y parcelas sin cultivo, lo que permite un ahorro importante de tiempo y trabajo. Pero hay que tener en cuenta los condicionantes ya comentados, como la presencia de parcelas cercanas a las zonas montañosas donde es difícil clasificarla como terreno de cultivo ya que el terreno no se encuentra en desuso, por lo la textura, y los píxeles son altamente parecidos al terreno de montaña. Por ello podemos considerar que el porcentaje de acierto realmente podría ser más alto.

En las parcelas cultivadas el porcentaje ha sido menor, un 43%, pudiendo ser mejorado fácilmente con la presencia de una banda infrarroja que destaque sobre el resto de parcelas la presencia de vegetación. Además de ser numéricamente más alta esta banda que el VARI en cultivos dispersos, lo que lo haría más determinante para la clasificación.

En definitiva con las muestras elegidas para el clasificador de alrededor de un 20%, suponemos que el trabajo de llevar un control estadístico de una zona en el ámbito urbanístico puede ser de un ahorro del 80%. Por ello sería una metodología a tener en cuenta en proyectos tanto catastrales como de planes de ordenación, ya que como es conocido, la labor de actualización de éstos es una labor muy tediosa.



6. Agradecimientos.

Este trabajo ha sido realizado gracias al soporte del Proyecto de Investigación financiado por el Plan Nacional del Ministerio de Ciencia e Innovación y por los fondos FEDER de la Comunidad Económica Europea bajo la referencia CTM2010-16573.



7. Referencias.

- Blaschke, T., 2010. Object Based Image Analysis for Remote Sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65: 2-16.
- Vicente Ferron, R., 2011. Optimización de la clasificación supervisada basada en objetos aplicada a ambientes rurales a partir de ortoimágenes de GeoEye-1. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Almería, Almería.
- Tarantino, E y Figorito, B., 2012. Mapping Rural Areas with Widespread Plastic Covered Vineyards Using True Color Aerial Data. *Remote Sensing*, 4, 1913-1928.
- Professional Surveyor Magazine Online, <http://www.profsurv.com/> [Accessible 20/09/2013].
- Trabajo Fin de Máster (Máster en Representación y Diseño en Ingeniería y Arquitectura) presentado en Julio de 2011 por M^º del Mar Saldaña Díaz y dirigido por Manuel Ángel Aguilar y Fernando José Aguilar, titulado: Generación de datos georeferenciados de alta resolución a partir de imágenes de GeoEye-1.
- Definiens eCognition, 2009. Definiens eCognition Developer 8 Reference Book. Definiens AG, München, Germany.
- Foody, G.M. y Mathur, A., 2006. The use of small training sets containing mixed pixels for accurate hard image classification: Training on mixed spectral responses for classification by a SVM. *Remote Sensing of Environment* 103 (2006) 179-189.
- Martínez-Casasnovas, J.A., Concepción Ramos, M., Vallés, D., 2009. Análisis de la relación entre las propiedades del suelo, el índice de vigor del cultivo y el rendimiento en un viñedo de la D.O. Costers del Segre (Lleida). XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Calatayud.
- Gong, P. y P.J. Howarth, 1990. The use of structural information for improving spatial resolution and classification accuracy land-cover classification accuracies at the rural-urban fringe, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56: 67-73.
- Treitz, P. y P.J. Howarth, 2000. High spatial resolution remote sensing data for forest ecosystem classification: An examination of spatial scale, *Remote Sensing of Environment*, 72, 268-289.



Resumen:

Con el vuelo de 1999, se redactó el Plan de Ordenación del Territorio del Poniente Almeriense (POTPA), pero no se aprobó hasta 2002 creando una problemática en su delimitación. Por un lado los límites de los usos que plantea no se pueden definir atendiendo a la forma de las parcelas ni al terreno debido a una escala que no permite su correcta aplicación, y por otro lado dejó a propiedades en un limbo ya que comenzaron su desarrollo entre la fecha de redacción y aprobación.

Con este trabajo se ha pretendido poner de manifiesto que las técnicas de análisis de imagen basadas en objetos (Object Based Image Analysis, OBIA) permiten un ahorro de tiempo y trabajo en la redacción de proyectos catastrales o planes de ordenación. Por ello se ha propuesto una delimitación que sí se adapta a la formación montañosa y a las parcelas, quedando definido el límite entre Uso Agrícola y Formación Montañosa siguiendo unos criterios que previamente se han estudiado como puede ser la altura o la pendiente de la parcela, para su posterior aplicación en una zona piloto del T.M. de Berja, Almería.

En la segunda parte del trabajo planteamos una clasificación con el uso agrícola propuesto, haciendo distinción entre invernaderos, parcelas sin cultivo y parcelas cultivadas, que permite llevar un control estadístico sobre el uso del suelo.

