

X CONGRESO DE MÉTODOS CUANTITATIVOS, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TELEDETECCIÓN

CRÉDITOS

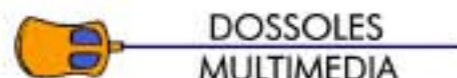
EDITORES

José Luis García Cuesta *josgar@fyl.uva.es*
Gonzalo Andrés López *gonand@fyl.uva.es*
Ignacio Molina de la Torre *imolina@fyl.uva.es*

© DEL TEXTO

Los autores

© DE LA EDICIÓN



C/ San Cosme 12, 1º-6ª
09002 Burgos (España)
Tfno: 947270711-666405405
Fax: 947279936
www.dossoles.es
multimedia@dossoles.es

© DE LA MÚSICA

F. Javier Nieto Morán. Neverness.

DISEÑO

Sara Martín Cabrero

REALIZACIÓN Y DESARROLLO

José María Miranda Rodríguez *jomamiro@arrakis.es*
Pablo Antolín Rafael *pabloantolin@telepolis.com*

ISBN: 84-87528-47-3

Depósito Legal: BU-2002-404

Organización del Congreso

Departamento de Geografía - Universidad de Valladolid
Plaza del Campus, s/n - 47011 - Valladolid (España)
Tfno: +34 983423000 ext. 6585 - Fax: +34 983423149
e-mail: *josgar@fyl.uva.es* - www.fyl.uva.es/~wgeogra



LA TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTA PARA ORDENACIÓN RURAL SOSTENIBLE EN ENTIDADES LOCALES MENORES

RODRÍGUEZ PÉREZ, J.R., BLANCO MARTÍNEZ, J. y FERNÁNDEZ MANSO, A.
E.S.T.I.A. Universidad de León

1. Introducción

1.1. Antecedentes

La ordenación territorial puede considerarse como una disciplina científica, una técnica administrativa y una práctica política concebida como actuación interdisciplinaria y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector. La ordenación debe ser democrática (participativa), global (coordinada con otras políticas), funcional (adaptada a los diferentes territorios) y prospectiva, en sentido de considerar las tendencias socioeconómicas, culturales y ambientales, a largo plazo.

Hay muchas definiciones de lo que significa el concepto de ordenación del territorio, todas muy similares y coincidentes en el hecho de que ordenar un territorio significa vincular actividades concretas desarrolladas por el hombre a cada porción de territorio (Gómez, 1993).

En el medio rural estas actuaciones se han restringido a ámbitos territoriales extensos, siendo muy escasas las actuaciones que abarcan un solo término municipal (a excepción de los que ocupan vastas extensiones). Esta situación provoca que la mayor parte de los municipios, y las entidades menores que los componen, carezcan de cualquier tipo de planificación.

El trabajo que se presenta en esta comunicación se centra en el ámbito forestal. La planificación forestal en España se ha restringido a la Ordenación de Montes, aunque en los últimos años se están desarrollando planificaciones a otras escalas territoriales, como es el caso de los Planes Forestales autonómicos, pero se carece de experiencia a escala de entidad menor. La investigación general, dentro de la cual se engloba esta ponencia, trata de proponer una metodología de trabajo para la ordenación de pequeñas áreas rurales con buenos recursos forestales y aplicarla a un caso concreto para proponer actuaciones integrables en el desarrollo rural sostenible.

1.2. La Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La teledetección está siendo utilizada como herramienta en diversas áreas científicas, relacionadas con el medio físico. Una de las principales aplicaciones se centra en el seguimiento de cultivos agrícolas, principalmente cultivos herbáceos, aunque cada vez son más numerosas las aplicaciones forestales. En la actualidad se están aplicando a planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospecciones mineras, desarrollo de mercados, cartografía temática, topografía, etc. (Chuvieco, 1996; Pinilla, 1995).

Los SIG son una herramienta que se utiliza en los trabajos de ordenación en cualquier ámbito. Son sistemas informáticos que integran información gráfica y alfanumérica y, una vez almacenados ambos tipos de datos, permiten un ágil y polivalente procesado y análisis de dicha información (Moldes, 1995). Las definiciones de los SIG son múltiples; una de las más completas es la propuesta por el National Center for Geographic Information Análisis (EE.UU.), que los define como un sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar, y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (Comas y Ruiz, 1993).

1.3. Zona de estudio

Como base para probar la metodología propuesta se utilizó la localidad de Labaniego: núcleo del municipio de Bembibre, en la comarca leonesa de El Bierzo. En la figura 1 se sitúa geográficamente la zona de estudio.

Labaniego ocupa una extensión de 440 ha, ocupadas principalmente por especies forestales y matorral. Su relieve está determinado por una sierra que lo atraviesa de este a oeste y determina un microclima caracterizado por los fenómenos de ladera. La altitud media es de 875 m y las pendientes no son elevadas (3/4 partes de la superficie no superan el 35 %).

Además de las actividades agroforestales, la minería también ocupa una superficie destacable. Ante esta situación parece imprescindible una gestión forestal, acompañada de otro tipo de actuaciones, para lograr un desarrollo sostenible. Esta situación y condicionantes es muy común, por lo que ha de entenderse este trabajo como un ejemplo aplicable a otras entidades menores y municipios de toda la geografía española.

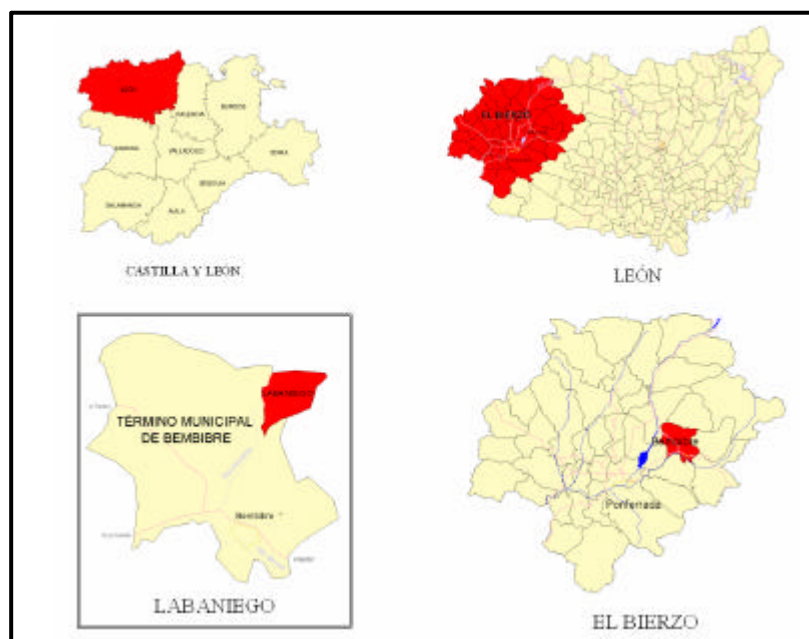


Figura 1: Localización de la zona de estudio

1.4. Objetivos

Los objetivos fundamentales del trabajo que se presentan son tres: valorar la utilidad de la teledetección en la fase de inventario y diagnóstico de la ordenación forestal en entidades rurales municipales, proponer una metodología de trabajo apoyada en los SIG y exponer los resultados obtenidos en un caso concreto.

El objetivo global del trabajo es proponer una metodología para la realización de proyectos de ordenación forestal, en pequeñas entidades locales, que permitan el desarrollo rural sostenible.

2. Material

El estudio se ha desarrollado con dos subescenas del satélite Landsat5 (sensor TM), que abarcan 420 filas y 430 columnas. Las imágenes correspondientes al WRS Path/Row 203/30. La primera imagen se tomó el 10 de septiembre de 1987 y la fecha de adquisición de la segunda es el 25 de junio del año 2000.

Para la validación de los resultados y georreferenciación de las imágenes se ha contado con una cartografía temática digital elaborada para la localidad de Labaniego (Blanco, 2002). Esta cartografía digital se elaboró mediante fotointerpretación (fotografías aéreas verticales a escala 1:5000) y un exhaustivo muestreo de campo.

En la Figura 2 se muestran las dos imágenes en falso color, sobre las que se ha aplicado una máscara para visualizar únicamente la zona de estudio.

Entre las herramientas informáticas utilizadas cabe destacar la utilización del SIG ArcView[?], el programa AutoCAD 2000[?] y una versión de demostración del software de tratamiento de imágenes ENVI[?].

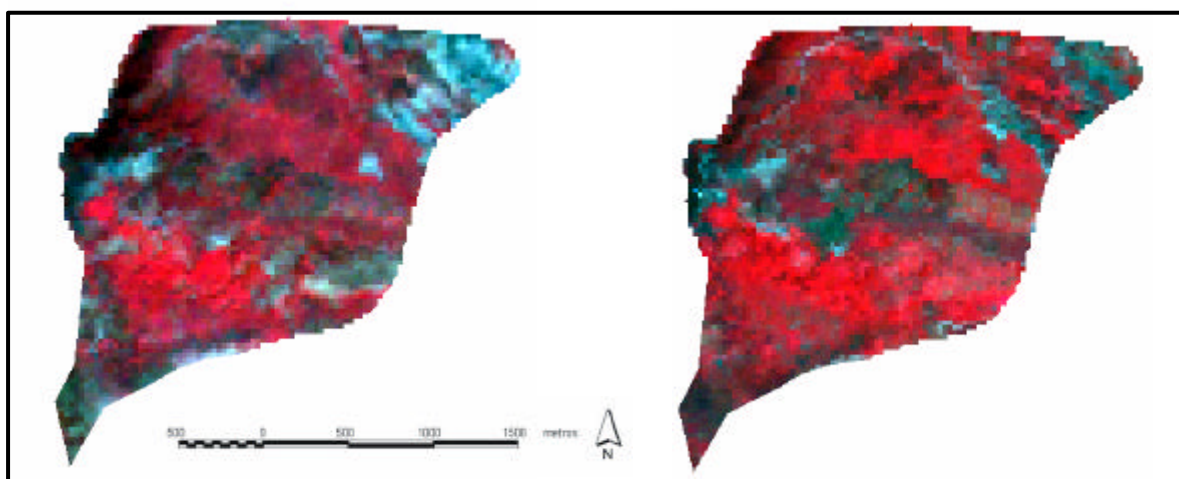


Figura 2: Imágenes falso color de Labaniego. Sensor TM tomadas en 1987 (izda.) y 2000 (dcha.)

3. Metodología

Los métodos utilizados son muy similares a los empleados habitualmente en la clasificación de imágenes de satélite: reconocimiento visual y caracterización espectral de las imágenes, delimitación de las áreas de entrenamiento, clasificación y validación de los resultados.

A partir del inventario y su dinámica, se realizó un diagnóstico de la situación actual y un análisis DAFO, que sirvió para proponer actuaciones compatibles con el desarrollo sostenible.

3.1. Caracterización espectral

En la Figura 2 se puede apreciar las diferencias observadas entre las imágenes. Gran parte de esta variación se debe a las diferentes condiciones ambientales en las que fueron tomadas. Esto obligó a definir las áreas de entrenamiento para cada imagen.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de los niveles digitales (ND) de cada imagen. Puede apreciarse que los valores son muy diferentes, a pesar de estar referidos al mismo área.

Cuadro 1: Caracterización de los Valores Digitales de las imágenes

Banda	Imagen 10-09-1987				Imagen 25-06-2000			
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
1	74	111	86,749434	5,215734	50	141	59,623939	4,763745
2	26	52	35,262096	3,62615	20	66	25,951543	3,036872
3	24	70	38,749434	6,660638	16	77	25,336923	5,544966
4	31	105	61,225654	9,869022	27	136	83,108925	18,635188
5	32	131	73,906527	12,725653	37	114	73,041002	10,386024
6	105	128	113,9895	4,271965	132	173	144,973908	8,752402
7	13	63	30,805847	7,253442	13	59	27,498654	6,893365

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un Análisis de Componentes Principales. En la matriz de correlación los resultados son similares para ambas imágenes y cabe destacar las altas correlaciones entre las bandas 1-2, 1-3, 2-3, 2-7, 3-7 y 5-7. En la imagen de 1987 los dos primeros componentes principales explican el 90% de la varianza: el primero es una combinación de las 7 bandas y el segundo viene caracterizado por la banda 4. En la imagen del 2000 el primer componente se determina por la banda 4 y el segundo por las bandas 5 y 7; ambos explican el 90% de la varianza.

3.2. Áreas de entrenamiento

Las áreas de entrenamiento se definieron considerando los tipos de cubierta que interesa discriminar, considerando el interés forestal. Después de haber realizado una visita al campo se decide utilizar cuatro clases informacionales. Las áreas de entrenamiento aparecen caracterizadas en el cuadro 2 (clases espectrales).

Cuadro 3: Superficies a partir de las imágenes clasificadas

Banda	Imagen 10-09-1987								Imagen 25-06-2000							
	Encina		Matorral		Minería		Rebollo		Encina		Matorral		Minería		Rebollo	
	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.	Med.	Des.
1	84,36	2,56	92,00	8,03	101,12	4,71	84,30	2,18	60,97	2,63	60,98	4,17	74,50	6,30	56,19	2,42
2	33,79	1,51	39,53	5,17	44,37	3,77	33,85	1,34	26,95	1,40	26,74	3,22	35,83	4,80	24,13	1,47
3	36,38	2,90	48,27	7,57	54,73	6,43	34,50	1,98	27,33	3,94	27,13	6,27	42,74	7,99	20,99	2,44
4	57,92	6,29	57,26	8,27	49,30	6,82	71,95	6,74	67,81	10,92	65,65	9,15	59,40	11,14	102,51	10,83
5	69,32	7,91	94,94	16,10	75,65	13,07	70,66	4,08	71,71	12,28	67,94	14,33	83,69	16,52	73,89	6,18
6	117,29	1,09	120,81	3,34	119,37	2,33	108,96	1,38	153,92	6,29	141,83	3,57	149,54	8,07	139,00	5,98
7	29,15	4,35	44,34	9,14	40,64	6,70	25,86	2,32	31,52	10,71	27,04	7,72	43,66	8,58	23,25	3,56
ha	5,94		6,93		20,79		27,27		8,19		16,2		9,72		25,92	

Fuente: Elaboración Propia

Estas áreas están distribuidas por toda la zona de estudio con diferente localización para cada imagen. En número y superficie ocupada por cada parcela de entrenamiento se definieron de tal forma que se englobaran las variantes de cada cobertura vegetal. Por este motivo los valores de los ND son muy parecidos para determinadas coberturas lo cual dificultará las clasificaciones.

3.3. Clasificación

Partiendo de las parcelas descritas se procedió a la clasificación supervisada usando los clasificadores de paralelepípedos, mínima distancia, distancia de Mahalanobis, máxima verosimilitud y Spectral Angle Mapper.

Los cuatro primeros se caracterizan por definir rangos en función de los ND de cada clase espectral (máximo-mínimo, distancias en espacios n-dimensionales o probabilidad de pertenencia) y clasifica cada píxel si sus ND quedan dentro de los rangos que caracterizan cada clase espectral. Son algoritmos ampliamente descritos en la bibliografía (Castaño y Quintanilla, 1999; Chuvieco, 1996; Eastman, 1997; Pinilla, 1995).

El método del Spectral Angle Mapper considera que en un píxel puede haber más de una clase, siendo su nivel digital (ND) una combinación lineal de los distintos tipos de cubierta que incluye. Por tanto el ND de un punto será una mezcla de varios ND que corresponderían a las clases puras (end-members). El método considera a los píxeles y end-members vectores de un espacio n-dimensional; para medir la similitud, el algoritmo calcula el ángulo que forman los vectores que los representan y asigna el píxel a la clase pura cuyo ángulo es más pequeño (Sobrino et al., 2000).

Las clasificaciones se realizaron sobre las imágenes referenciadas geográficamente. La georreferenciación se realizó tomando como base cartografía digital a escala 1:5000. Se utilizaron los puntos de control suficientes hasta que el error medio residual fuera más pequeño que la resolución de la imagen (30 m).

3.4. Validación de los resultados

Para la validación de los resultados se cruzó la información de cada clasificación con otra imagen considerada como verdad terreno. Ésta proviene de un mapa digital de usos a escala 1:5000, realizado mediante fotointerpretación y visitas al campo (Blanco, 2002), con la misma base del utilizado para la georreferenciación.

En la Figura 3 se presenta el plano utilizado como verdad terreno. Las zonas sin colorear ocupan usos diversos no considerados en el trabajo.

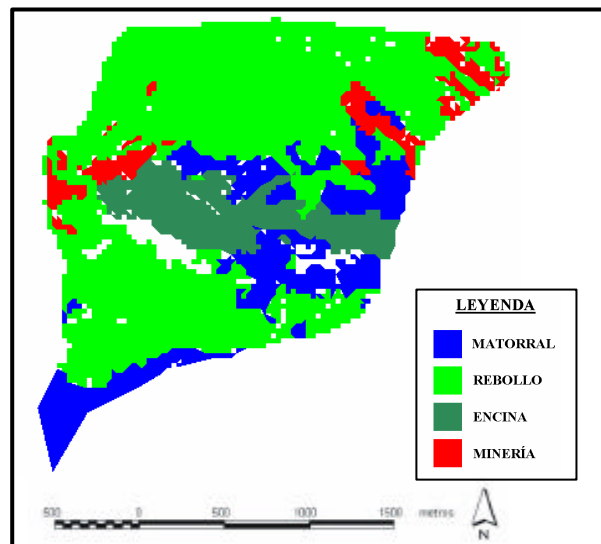


Figura 3: Mapa de validación

4. Resultados

4.1 Comparación entre clasificaciones

En un primer intento se realizaron las clasificaciones sobre las imágenes sin ninguna modificación, obteniendo unos resultados aceptables. Para mejorar las clasificaciones se intentó corregir el efecto atmosférico a partir de los ND para el embalse de Bárcena (área cercana a la zona de estudio, pero no se muestra en las imágenes). La realización de esta corrección no mejora los resultados de las clasificaciones debido a que consiste en una simple disminución de los ND (con mediciones radiométricas de campo se mejora la corrección del efecto atmosférico).

En el Cuadro 3 se muestra el porcentaje de aciertos y el número Kappa para cada clasificación. Sólo se muestran los resultados globales para poder compararlos. El mejor clasificador ha resultado ser el algoritmo de máxima probabilidad y será el recomendado en la metodología para otros trabajos similares. Hay que considerar que para realizar una ordenación se requiere conocer el tipo de vegetación (herbácea, matorral, arbustiva, arbórea), sin tener que diferenciar las especies.

En el Cuadro 3 los resultados obtenidos parecen poco fiables pero hay que tener en cuenta que se ha utilizado como verdad terreno toda la zona de estudio y que las clases informacionales son similares. Además la clasificación se ha realizado con relativa facilidad, rapidez y a muy bajo coste.

Cuadro 3: Validación de las clasificaciones

Clasificación	Imagen 10-09-1987				Imagen 25-06-2000			
	Sin corregir		Corregida		Sin corregir		Corregida	
	Aciertos (%)	Kappa	Aciertos (%)	Kappa	Aciertos (%)	Kappa	Aciertos (%)	Kappa
<i>Paralelepípedos</i>	0,48	0,2478	0,25	0,0237	0,11	0,031	0,11	0,031
<i>Mínima distancia</i>	0,42	0,2242	0,31	0,0679	0,56	0,3008	0,56	0,3008
<i>Mahalanobis</i>	0,40	0,2074	0,40	0,2035	0,61	0,3829	0,61	0,3823
<i>Máxima Verosimilitud</i>	0,59	0,3819	0,54	0,3375	0,62	0,4064	0,62	0,4062
<i>Spectral Angel Mapper</i>	0,43	0,2334	0,42	0,2453	0,50	0,228	0,42	0,1984

Fuente: Elaboración Propia

Las matrices de confusión para la clasificación de máxima verosimilitud son similares para ambas imágenes. El error por comisión más destacado se produce para la encina, en los rodales con pies de porte bajo, que se confunde con el matorral. La mayor imprecisión por omisión se comete con el rebollo en las zonas de plantas jóvenes y poco densas, en las que se confunde con la encina de escaso desarrollo. La clasificación de las zonas dedicadas a minería y de matorral son bastante aceptables, salvo en las zonas menos densas que se identifican como mineras (terreno desnudo).

4.2 Superficies asignadas a cada clase

En la figura 4 se presentan los resultados de la clasificación de máxima verosimilitud para los dos años. Comparando estos mapas con el de la Figura 3 puede apreciarse el alto grado de acierto en las clasificaciones.

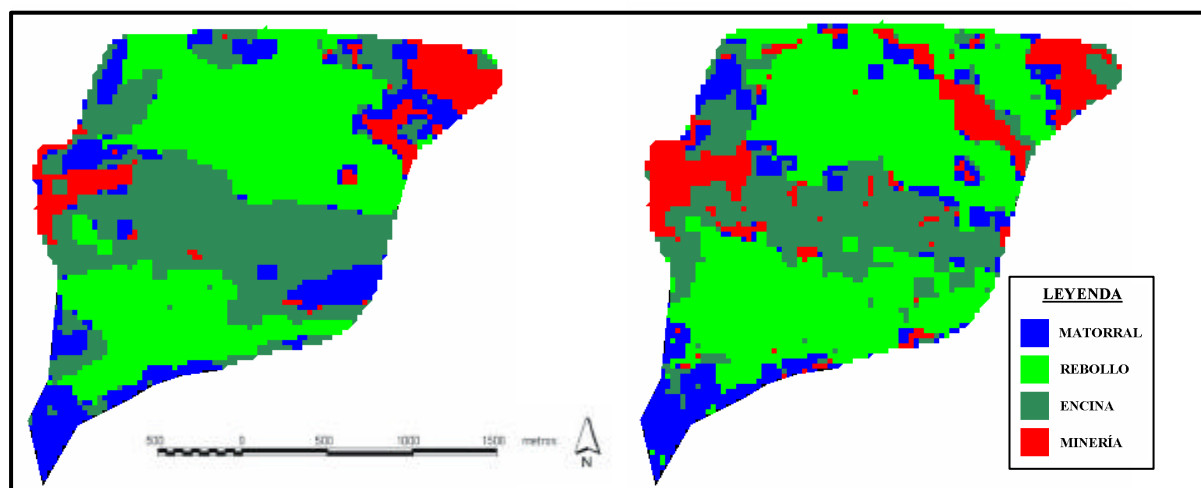


Figura 4: Clasificación por Máxima Verosimilitud para las imágenes de 1987 (izda.) y 2000 (dcha.)

A continuación, en el Cuadro 4, se muestran los resultados finales de cada clasificación junto con las obtenidas mediante fotointerpretación. Comparando los resultados se puede apreciar que, para ambas clasificaciones, la superficie de encina se sobrestima y la de matorral y, sobre todo, el rebollo se subestima.

Como ya se ha mencionado cabe esperar que haya confusión entre encina y rebollo pues ambas son especies de la misma familia (*Quercus* sp.). Los errores en la estimación del matorral también son asumibles ya que, en el mapa de verdad terreno, algunas manchas de

rebollo y encina de porte bajo se clasificaron como matorral. Los errores en la determinación de las áreas mineras se debe a que se han clasificado como tales las numeras pistas y escombreras repartidas por la localidad.

Cuadro 4: Superficies clasificadas en ha

<i>Cobertura</i>	<i>Año 1987</i>	<i>Año 2000</i>	<i>Vedad Terreno</i>
<i>Encina</i>	149,22	105,57	55,44
<i>Matorral</i>	64,98	55,98	79,74
<i>Minería</i>	36,90	55,80	32,67
<i>Rebollo</i>	190,35	224,19	272,07
<i>Total</i>	<i>441,45</i>	<i>441,54</i>	<i>439,92</i>

Fuente: Elaboración Propia

Si nos fijamos en la evolución a lo largo de los 13 años, los resultados son bastante lógicos. La disminución de la superficie de encina puede deberse a un incendio de principios de los años noventa; las quercíneas de porte bajo han pasado de matorral a encina y roble; la superficie de rebollo ha aumentado, aunque se confunde con la encina; la superficie dedicada a actividades mineras va en aumento.

Por tanto el estudio de las clasificaciones no puede utilizarse para estimar superficies con un alto grado de precisión pero si son útiles para estudiar tendencias en la evolución de las coberturas vegetales.

5. Conclusiones

La metodología presentada puede ser aplicada como herramienta en la ordenación forestal de entidades locales menores que suelen carecer de medios para afrontar grandes proyectos.

La clasificación mediante teledetección presenta ventajas sobre la fotointerpretación o trabajos de campo (menor coste, mayor rapidez, registros periódicos de hace décadas, etc.), pero no es aplicable cuando se requiere precisión en la determinación de superficies. Para lograr mayor precisión se deben mejorar las clasificaciones (clasificaciones en árbol, utilización de índices de vegetación, estudios multitemporales, etc.) y estudiar áreas de mayor superficie.

Un aspecto fundamental es que permite conocer cual ha sido la evolución en las coberturas (mediante estudios diacrónicos) y permite definir tendencias y escenarios futuros, que son dos aspectos vitales en la ordenación.

Otra posibilidad de futuro está en la utilización de imágenes de satélites de muy alta resolución (Ikonos, QuickBird, etc.) e incluso la utilización de sensores multispectrales aerotransportados. Este tipo de material permite realizar clasificaciones a una escala detallada y su mayor limitación está en el precio, pero últimamente están abaratando enormemente su coste.

6. Referencias bibliográficas

BLANCO MARTÍNEZ, J. (2002). Proyecto fin de carrera: Plan Dasocrático en Labaniego (Bembibre - León). Ponferrada (León), E.S.T.I.A. de la Universidad de León.

CASTAÑO, S.; QUINTANILLA, A. (1999). Teledetección: Avances y Aplicaciones. Albacete, Diputación de Albacete.

CHUVIECO, E. (1996). Fundamentos de teledetección espacial. 3ª ed. Madrid , Ediciones RIALP, S.A.

COMAS, D., RUIZ, E.. (1993). Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Barcelona, Ariel.

EASTMAN, J.R. (1997). Idrisi for Windows. Student Manual: System Basiscs. Worcester (MA. EE.UU.), Clark University.

GÓMEZ OREA, D. (1993). Ordenación del territorio: una aproximación desde el medio físico. Madrid, Agrícola Española S.A.-I.T.G.M.E.

MOLDES TEO, F.J. (1995). Tecnología de los sistemas de información. Madrid, RA-MA Editorial.

PINILLA RUIZ, C. (1995). Elementos de teledetección. Madrid, RA-MA Editorial

SOBRINO, J.A.; RAISSOUNI, N.; KERR, Y.; OLIOSO, A.; LÓPEZ-GARCÍA, M.J.; BELAID, A.; EL KHARRAZ, M.H.; CUENCA, J.; DEMPERE, L. (2000): Teledetección. Valencia, Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.