

APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN A LA INVENTARIACIÓN DE VIÑEDO EN LA ZONA DE DENOMINACIÓN DE ORIGEN BIERZO

José Ramón Rodríguez Pérez (1), Félix Riesco Peláez (1), Carlos José Álvarez López (2)

⁽¹⁾Universidad de León, España
E.S.T. Ingeniería Agraria
Correo electrónico: dimjrp@unileon.es

⁽²⁾Universidad de Santiago de Compostela, España
E. P. Superior de Lugo
Correo electrónico: proyca@lugo.usc.es

RESUMEN

La entrada en vigor de la nueva reglamentación sobre la Organización Común de Mercado Vitivinícola, exige inventariar con urgencia el potencial vitícola, en el ámbito regional. En esta ponencia, se pretende evaluar la utilidad de la teledetección en el seguimiento e inventariación del cultivo de la vid y su aplicación a la comarca del Bierzo (León). Los resultados obtenidos demuestran la utilidad de la teledetección para evaluar el potencial vitícola aunque deben mejorarse utilizando imágenes de alta resolución espacial.

Palabras clave: teledetección, viñedo, identificación de cultivos, seguimiento de cultivos.

ABSTRACT

The coming into effect of the new regulation about the common organization of winegrowing market requires staking inventory the wine-growing potential with urgency in the regions. In this paper is presented a job to evaluate the utility of the remote sensing in the monitoring and inventory of the vineyard and its application to Bierzo Region (León, Spain). The results obtained show the utility of the remote sensing to evaluate the winegrowing potential, although they should be improved utilizing images of high spatial resolution.

Key words: remote sensing, vineyard, land cover identification, crop monitoring.

1 Introducción

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 (CHUVIECO, 1996). Con la aparición de nuevos sensores remotos (Ikonos, Landsat-7, etc.), se han abierto nuevas posibilidades de aplicación a otros tipos de cultivos como los leñosos, que generalmente no presentan una cobertura total del terreno.

Por otro lado, la vid es uno de los cultivos con más perspectivas de futuro en toda la Comunidad Autónoma de Castilla y León, y más concretamente, en la Comarca de El Bierzo. La entrada en vigor del Reglamento (CE) 1493/1999 (transmitido por el R.D. 1472/2000, de 4 de agosto), confiere una gran importancia a la elaboración de un inventario regional del potencial de la producción vitícola, que debe ser finalizado en los próximos años.

Estos dos aspectos fundamentan el estudio presentado en esta comunicación. Se pretende valorar la utilidad de las imágenes Landsat-7 para la inventariación del cultivo de la vid. Para ello se van a realizar diversas clasificaciones en una imagen de la Comarca de El Bierzo, con la pretensión de que sus resultados pueden ser extrapolables a otras áreas de cultivo de la vid.

1.1 Zona de estudio

El estudio se centra en la Comarca del Bierzo, situada al Noroeste de la Provincia de León. Con 2.954,28 Km², el Bierzo cubre el 18% de la superficie provincial. Geográficamente limita con las Provincias de Orense, Lugo y Oviedo, y con diversas zonas leonesas (la Montaña de Murias de Paredes y Laciana, la Cabrera y la Meseta). La situación de la comarca en la que se desarrolla el estudio se representa en la figura 1.

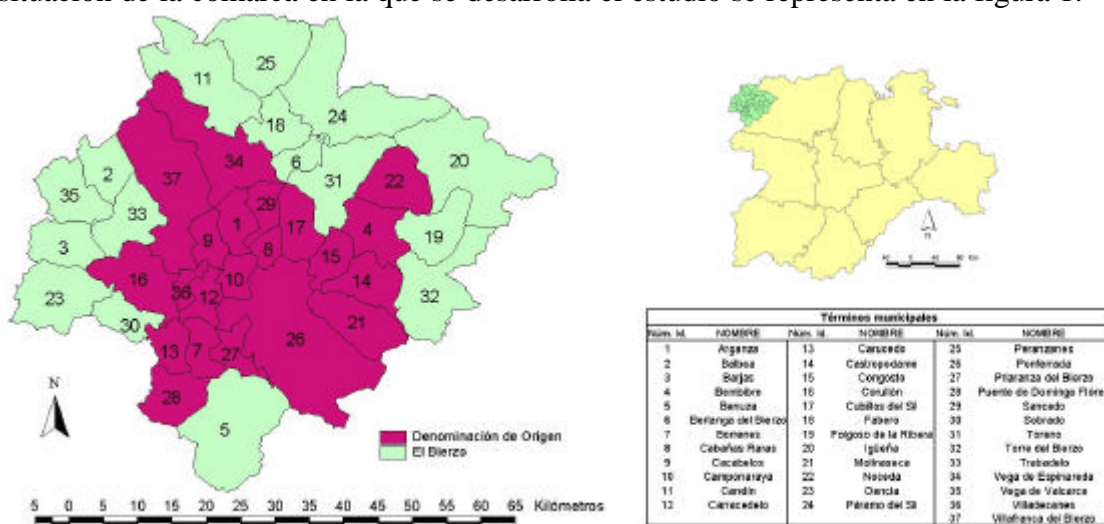


Figura 1: Comarca y Denominación de Origen Bierzo (Castilla y León)

El Bierzo es un conjunto de pequeños valles y una amplia y llana depresión (la Hoya Berciana o Bajo Bierzo), que van a determinar el medio socioeconómico. En la comarca se distinguen físicamente tres zonas: Bierzo Bajo, Bierzo Alto y Montaña (GARCÍA, 2000). Esta última zona ejerce de barrera y se extiende por todo el área nororiental y parte del sureste, conteniendo los picos más altos de la comarca (Cabeza de Yegua 2.135 m y Catoute 2.117 m). El Bierzo Alto, con una altitud media superior a los 800 m, declina como territorio intermedio hacia la zona central de la comarca, que es la Hoya Berciana o Bierzo Bajo. Ésta última es la zona de mayor interés para el estudio y se extiende desde la zona central hacia el suroeste. La altitud media es de 500 m y en ella se cultivan las mayores extensiones de vid.

Este relieve confiere al Bierzo un microclima especial con temperaturas suaves y regulado por cierta humedad. La temperatura media anual es 12,3° C, mientras que la media máxima ronda los 23,6° C y la media mínima los 3,6° C. La precipitación media anual es 720 mm, aunque en los bordes de la Hoya Berciana se superan los 900 mm. La insolación media anual se ha cifrado entre las 2.100 y las 2.200 horas de sol.

El medio físico en el que se desarrolla la vid condiciona su ciclo vegetativo, tanto durante el reposo invernal (caída de la hoja, lloro y desborre), como en el período de

pleno desarrollo (crecimiento, floración, envero y maduración) (MARTÍNEZ, 1991; REYNER, 1995).

El vino de El Bierzo adquiere en 1989 el nivel de vinos de calidad producidos en regiones determinadas (V.C.P.R.D.), mediante la ORDEN de 11 de diciembre de 1989 por la que se aprueba el Reglamento de la Denominación de Origen “Bierzo” y de su Consejo Regulador.

La zona de producción de los vinos amparados por esta Denominación de Origen (D.O.), está constituida por los terrenos ubicados en los términos municipales que el Consejo Regulador considera aptos para la producción de uvas: Arganza, Bembibre, Borrenes, Cabañas Raras, Cacabelos, Camponaraya, Carracedelo, Carucedo, Castropodame, Congosto, Corullón, Cubillos del Sil, Fresnedo, Molinaseca, Noceda, Ponferrada, Priaranza, Puente Domingo Florez, Sancedo, Vega de Espinareda, Villadecanes, Toral de los Vados y Villafranca del Bierzo. La situación de cada municipio se indica en la figura 1.

En las viñas de la zona la densidad de plantación varía entre 3000 – 4000 cepas/ha, según variedades y términos municipales, con una producción media de 7000 Kg/ha (SANZ, 1982). La excesiva parcelación es otro de los problemas de la producción vitícola berciana. Las variedades de uva tinta autorizadas son Mencía (principal) y Garnacha Tintorera. Las variedades de uva blancas principales son Doña Blanca y Godello, aunque también están reconocidas la Malvasía y Palomino.

Según información recabada en el Consejo, a fecha 31-12-2000, la superficie inscrita en el Registro de Viñas es de 3.853 ha y el número de viticultores registrados asciende a 4.815, de los que 4.235 están asociados a cooperativas o SAT. En cuanto a las producciones, durante los últimos diez años, éstas han variado entre las 7.000 y las 37.000 toneladas, mientras que el número de botellas que salen al mercado ha ido aumentando permanentemente.

1.2 Objetivos

El objetivo general del estudio es muy amplio y trata de estimar las posibilidades reales que ofrece la teledetección para el estudio del cultivo de la vid, aunque en esta comunicación se presenta un objetivo concreto centrado en valorar las técnicas habituales de teledetección para identificar las parcelas de viña.

2 Antecedentes

Se puede afirmar que las imágenes obtenidas desde satélites ofrecen una perspectiva única de la superficie terrestre. El valor de estas imágenes es evidente: proporcionan una visión general de objetos y detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión del funcionamiento de los sistemas naturales o influidos por el hombre, y todo ello “a distancia”, sin necesidad de acudir al terreno. Además aportan información adicional que pasa desapercibida a nuestros sentidos (CASTAÑO Y QUINTANA, 1999).

Si bien existen otras fuentes de datos geográficos (fotografías aéreas, cartografía en papel o estudios sobre el terreno), las imágenes de satélite son, generalmente, de rápida adquisición, mejor calidad y menor coste por unidad de superficie. Frente a la fotografía aérea presentan las ventajas de ser digitales, más económicas (sobre todo para zonas muy extensas), de cobertura global, de actualización periódica, de alta precisión (según el sensor) y de gran flexibilidad en cuanto a su utilidad.

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. (PINILLA, 1995).

Sin embargo, no son muchos los trabajos realizados sobre la vid utilizando técnicas de teledetección. En el ámbito nacional existen diversos grupos que están realizando

este tipo de estudios. La respuesta espectral de este cultivo depende de muchos factores y para su clasificación mediante teledetección se debe recurrir a estudios multitemporales y combinación de bandas de imágenes multispectrales. Existen estudios que han creado metodologías eficaces con imágenes Landsat (RUBIO *et al.*, 2001). También se ha aplicado otras técnicas de teledetección a este cultivo como el método de comparación de clasificaciones y Análisis del Vector de Cambio (LANJERI *et al.*, 2001), que se han mostrado bastante eficaces en cuanto a su clasificación y estudios sobre evolución del cultivo.

Debido a que la vid es un cultivo que no cubre totalmente el terreno, en los estudios de teledetección se debe considerar la naturaleza del suelo plantado. Los resultados de este tipo de investigaciones están muy condicionados por las condiciones locales y se puede determinar la respuesta espectral para la “viña tipo”, pero se ve muy condicionada por las condiciones físico-químicas del suelo (ARÁN *et al.*, 2001).

Una de las aplicaciones más interesantes sobre interpretación de imágenes es el análisis de cambios. La importancia económica y social de la vid ha motivado altibajos en la superficie cultivada que han sido estudiados con teledetección en comunidades como Castilla-La Mancha. Concretamente hay experiencias de este tipo desarrolladas en Cuenca (GARCÍA Y GARCÍA, 2001; LANJERI *et al.*, 2001).

3 Desarrollo del Trabajo

Se realizó la clasificación de una imagen Landsat7 utilizando varios algoritmos. Inicialmente se utilizó una clasificación no supervisada con el algoritmo isodata. Se obtuvieron un total de 35 clases espectrales, que sirvieron como base para definir las clases informacionales y espectrales representativas. Esta clasificación se mejoró con otras de tipo supervisado y calculando índices de vegetación. Finalmente se realizó un muestreo para evaluar la bondad de la clasificación.

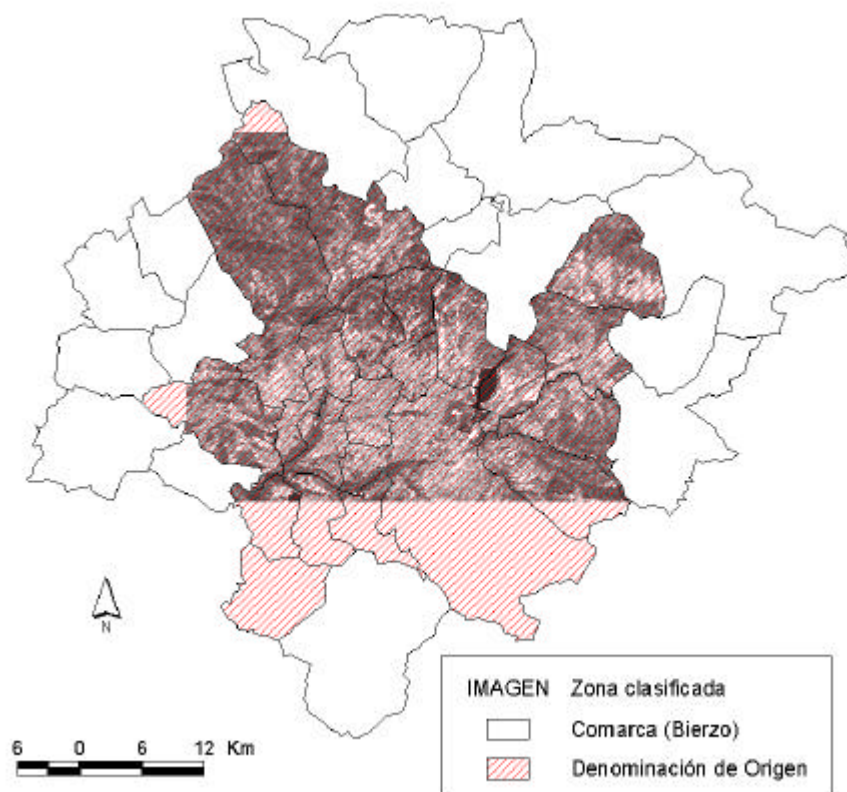


Figura 2: Zona de estudio

3.1 Zona de estudio

Para llevar a cabo el estudio se ha contado con una subescena Landsat7 ETM+ (1.184 filas x 1790 columnas), correspondiente al WRS Path/Row 203/30. La imagen se tomó el día 5 de septiembre del año 2000 y su cobertura nubosa es mínima (9%). Después de la georreferenciación, la imagen queda encuadrada entre las coordenadas UTM: x = 180.623; X = 234.323; y = 4.712.288; Y = 4.747.808; del huso 30N). De la superficie total que abarca la imagen (1.907,4 Km²), se trabajó en un área que cubre alrededor de 1.067,5 Km². La zona clasificada se muestra en la figura 2.

En la fase de entrenamiento y para el trabajo de comprobación de los resultados, se utilizaron fotografías aéreas en color del Camino de Santiago. Se trata de un vuelo realizado por CETFA, en julio de 1991 para el Instituto Geográfico Nacional, a escala 1:18.000. Se utilizaron un total de 32 fotos de la hoja número 158-Ponferrada (MTN50).

Las clasificaciones fueron realizadas con una versión de evaluación del software ENVI y con el programa Idrisi. Para la presentación de la cartografía se ha utilizado el programa ArcView.

3.2 Cobertura de usos del suelo

Las clases informacionales (uso o cobertura del suelo), se definieron en función de clasificaciones previas no supervisadas (algoritmo isodata) y al conocimiento de las coberturas existentes en la zona, teniendo en cuenta cuales son las cubiertas que se pueden confundir con la viña, motivo por el cual se han diferenciado diversas clases de suelo desnudo o semidesnudo. Los tipos de cobertura consideradas, y las características de las áreas de entrenamiento, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Características de las áreas de entrenamiento

Id. Usos del suelo	Nº parcelas	Nº píxeles	Superficie (ha)	Superficie (%)
1. Frondosas Alto	31	1.070	96,30	10,76
2. Árboles de ribera	36	1104	99,36	11,09
3. Frondosas Bajo	10	519	46,71	5,19
4. Coníferas	15	570	51,30	5,71
5. Frondosa y Matorral	9	502	45,18	5,02
6. Matorral	23	724	65,16	7,25
7. Prado	10	209	18,81	2,09
8. Vid	81	2.352	211,68	23,56
9. Cultivos	19	666	59,94	6,67
10. Incendio	3	379	34,11	3,79
11. Urbano	11	375	33,75	3,75
12. Mina	7	284	25,56	2,84
13. Otros improductivos	5	286	25,74	2,86
14. Vía comunicación	26	230	20,70	2,30
15. Agua	4	711	63,99	7,12
Total	290	9.981	898,29	100,00

En esta tabla cabe resaltar la importante proporción de la vid, ya que es el uso que más interesa en el estudio. Otro aspecto a destacar es el alto grado de segregación de los usos sin vegetación, en previsión de que se confundan con la vid. Asimismo, debe señalarse que estas parcelas fueron utilizadas para validar cada clasificación.

3.3 Metodología experimental

Partiendo de las especificaciones descritas, se procedió a la clasificación supervisada usando los clasificadores de paralelepípedos, mínima distancia, distancia de Mahalanobis y máxima verosimilitud, para probar la fiabilidad de cada uno de ellos.

Para definir las áreas de entrenamiento (previas a la clasificación supervisada), se realizó un muestreo dirigido sobre la imagen en la que marcaron diversas parcelas con las clases informacionales (ver tabla 1).

El muestreo fue realizado mediante fotografías aéreas y verificaciones de campo. De estas parcelas de entrenamiento se extrajeron las firmas espectrales de cada clase, de tal forma que estas características espectrales servirán para realizar las clasificaciones. En la figura 3 se muestran las firmas espectrales de algunas de las clases diferenciadas.

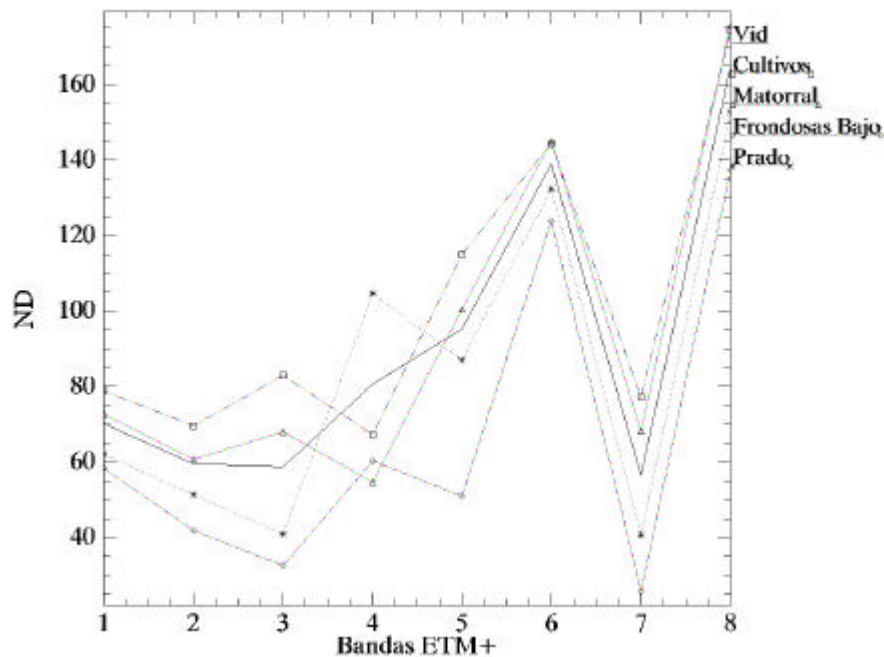


Figura 3: Características espectrales de la vid y usos cercanos

Las bandas que en la figura aparecen como 6 y 8, son las bandas térmicas del sensor ETM+. A pesar de que son las bandas menos útiles para la clasificación, en la figura 3 se muestran a modo informativo.

En la tabla 2 se indican los niveles digitales (ND) obtenidos en la zona de entrenamiento del viñedo. Estos valores son similares a los obtenidos por otros autores (Arán e al., 2001).

Tabla 2: Niveles de digitales de la vid en áreas de entrenamiento.

ND	B1	B2	B3	B4	B5	B7
Mínimo	62	49	39	57	62	32
Medio	70,13	59,5	58,8	80,53	94,58	56,5
Máximo	86	78	99	111	152	102
Desviación típica	70,13	59,6	59,26	80,86	95,15	57,24

3.4 Resultados

Se realizaron las clasificaciones obteniéndose resultados bastante similares, salvo en la clasificación de paralelepípedos. En la tabla 3 se muestra una comparativa de los resultados con cada algoritmo de clasificación.

Tabla 3: Resultados de cada clasificación supervisada.

	Paralelepípedos		Mínima distancia		Dist. Mahalanobis		Máxima verosimilitud	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Sin clasificar	17.117,19	16,03	-	-	-	-	-	-
Fronosas Alto	1.452,69	1,36	2.527,11	2,36	2.393,01	2,24	2.688,66	2,51
Árboles de ribera	77,31	0,07	4.304,61	4,03	3.472,74	3,25	2.249,01	2,13
Fronosas Bajo	9.627,93	9,01	5.210,55	4,88	10.350,5	9,69	13.101,93	12,27
Coníferas	12.008,52	11,24	8.598,69	8,05	10.065,3	9,42	9.303,93	8,71
Fronosas y Mat.	7.252,38	6,79	28.122,48	26,34	19.386,8	18,16	7.715,16	7,22
Matorral	13.437,45	12,58	14.780,52	13,84	16.029,6	15,01	25.051,41	23,46
Prado	2.316,69	2,20	3.217,14	3,01	4.416,48	4,16	3.582,72	3,35
Vid	4.459,41	4,17	18.286,2	17,12	20.831,8	19,51	15.611,04	14,66
Cultivos	5.701,95	5,34	15.060,69	14,10	12.375,5	11,59	19.076,13	17,86
Incendio	236,34	0,22	473,67	0,44	930,15	0,87	523,62	0,49
Urbano	2,70	0,00	1.411,11	1,35	1.575,72	1,47	564,39	0,52
Mina	312,12	0,29	503,73	0,47	434,25	0,40	490,14	0,45
Otros improduc.	6.454,26	6,08	1659,6	1,59	872,28	0,81	4.337,82	4,06
Vía	25.986,24	24,34	1.688,94	1,58	2.778,05	2,64	1.854,18	1,73
Agua	307,89	0,28	906,03	0,84	838,89	0,78	600,93	0,56
Total	106.751,07	100,00	106.751,07	100,00	106.751,07	100,00	106.751,07	100,00

3.5 Discusión

Para cada una de las imágenes clasificadas se realizó una validación cruzándola con información real de campo. La imagen considerada como “verdad terreno” procede de las áreas de entrenamiento.

Como era de esperar, los mejores resultados se obtuvieron para el clasificador de máxima verosimilitud. Los porcentajes de aciertos en el resto de clasificaciones también fueron muy altos, especialmente para la vid. En cuanto, a la superficie obtenida para la vid, se puede asegurar que en las clasificaciones las superficies totales son mucho mayores que los valores esperados a priori.

Los resultados obtenidos para el estimador Kappa fueron 0,454, 0,749, 0,774 y 0,900 para los clasificadores de paralelepípedos, mínima distancia, distancia de Mahalanobis y máxima verosimilitud, respectivamente.

Tabla 4: Matriz de confusión para el clasificador de máxima verosimilitud.

		Verdad Terreno															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Resultado de la clasificación	1	90,37	2,63	0,39	0	0	0	3,83	0	0,15	0	0	0	0	0	0	10,09
	2	0,28	92,66	14,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,02
	3	0,37	3,35	80,35	1,23	1,2	0	0,48	0,34	0	0	0	0	0	0	0	4,81
	4	0	0	0,39	93,3	0,4	4,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,71
	5	0	0	1,16	1,05	97,21	1,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,11
	6	0	0	0,19	3,16	1	83,98	0	0,34	8,71	0,26	0,27	2,11	0,35	0,87	0	7,1
	7	8,32	0,91	0	0	0	0	95,7	0,3	0,45	0	0	0	0	0	0	3,1
	8	0,37	0,09	3,28	0,7	0,2	0,28	0	92,69	8,11	0	0	0	0	0	0	22,67
	9	0,28	0,36	0	0,35	0	8,15	0	6,34	78,98	0	0	0	0	3,04	0	7,51
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,68	0	0,35	0	0	0	3,76
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91,5	1,06	1,05	0,43	0	3,51
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	4,27	88,38	0,35	0	0	2,7
	13	0	0	0	0,18	0	1,1	0	0	1,95	0,53	1,33	1,06	95,1	9,57	0	3,27
	14	0	0	0	0	0	0,41	0	0	1,65	0,26	2,67	7,04	3,15	86,09	0	2,52
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	7,12
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la tabla 4 se muestra la matriz de confusión para el clasificador de máxima verosimilitud. Para interpretar esta tabla hay que considerar que los usos aparecen codificados con los números de la tabla 1. Puede apreciarse el alto porcentaje de

aciertos para todas las clases. Para la vid, puede apreciarse que el mayor grado de confusión ocurre con la clase cultivos, pero el grado de error es pequeño.

El alto porcentaje de acierto puede deberse a que las áreas de entrenamiento y las de comprobación son similares. Esto requiere realizar validaciones en áreas más extensas, para poder aplicar estos resultados en otras áreas vitícolas.

Otra información considerada en la clasificación, ha sido el Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

Tabla 5: Valores del NDVI.

NDVI	Imagen completa	Área entrenamiento vid	Área clasificada vid
Mínimo	-0,667	-0,136	-0,222
Medio	0,043	0,157	0,147
Máximo	0,631	0,421	0,536
Desviación típica	0,149	0,078	0,085

Este índice sirvió para discriminar el uso viña de otros en determinadas zonas conflictivas. En la tabla 5 se muestran los NDVI obtenidos para la imagen global, para las áreas de entrenamiento de vid y para la superficie clasificada como vid por el algoritmo de máxima verosimilitud. Los valores de NDVI no discrepan demasiado de los obtenidos en otros trabajos (Arán *et al.*, 2001).

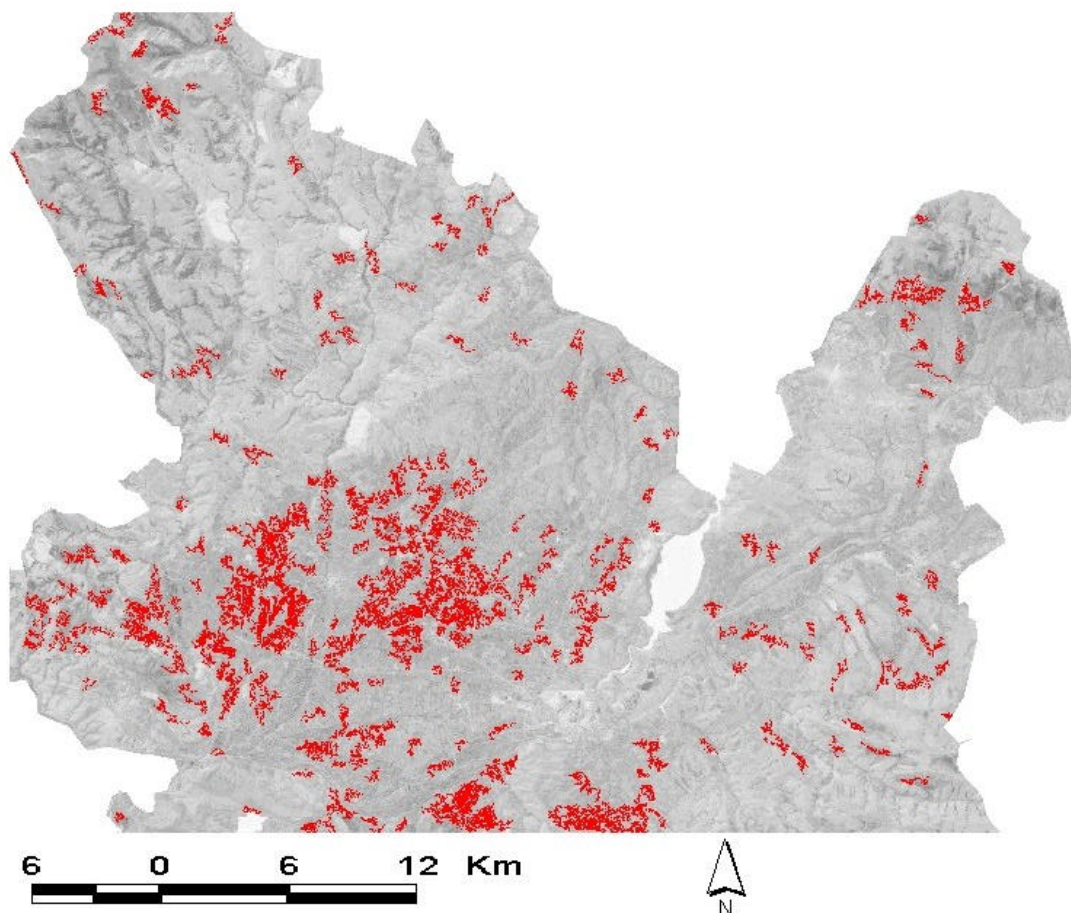


Figura 4: Áreas clasificadas como vid

En la figura 4 se muestra un mapa en el que se aprecian las áreas clasificadas como vid. La imagen muestra claramente las principales áreas de producción localizadas en los municipios de Arganza, Cabañas Raras, Cacabelos, Camponaraya, Carracedelo, Corullón, Villadecanes y Villafranca del Bierzo.

Puede apreciarse que en determinadas zonas (noreste) la superficie se ha sobreestimado. En la parte superior izquierda de la figura, se aprecian áreas clasificadas como vid que están ocupadas por otra cubierta vegetal. Por tanto, esta clasificación requiere ser mejorada considerando otros criterios, aplicando filtros que mejoren la agrupación de las clases, etc.

Finalmente, en la tabla 6 se muestran los ND de los píxeles clasificados como vid por el clasificador más preciso. Si se comparan estos valores con los de la tabla 2, puede apreciarse la gran similitud entre esos valores, lo cual es otro indicador de los buenos resultados obtenidos.

Tabla 6: Niveles de digitales en los píxeles clasificados como vid.

ND	B1	B2	B3	B4	B5	B7
Mínimo	56	36	22	42	26	8
Medio	68,47	56,40	54,97	73,55	88,22	51,93
Máximo	85	80	96	125	158	127
Desviación típica	62,96	52	51,14	68,11	82,06	48,88

4 Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos y, al contrario de lo que podría considerarse a priori, las imágenes del sensor ETM+ de Landsat7, pueden servir para la identificación e inventario del viñedo. En los trabajos de comprobación de la clasificación se han obtenido altos porcentajes de acierto para el uso viña: 81,34 % mínima distancia; 73,85% distancia de Mahalanobis; 92,79% máxima verosimilitud.

Estos son los resultados iniciales de la investigación y se continuarán comprobando con trabajos de campo y otras verificaciones (Registro vitícola de Castilla y León, información Catastral, etc.).

Para mejorar la clasificación se deben realizar estudios multitemporales. Si se pretende mejorar la precisión, se debe trabajar con imágenes de alta resolución espacial, a costa de perder información radiométrica.

El trabajo debe continuarse para conocer la evolución de la superficie de viña a lo largo de la última década. Así se obtendrá información sobre la eficacia de las medidas adoptadas por el Consejo Regulador, políticas de la OCM de la vid, etc. Asimismo, debe servir de apoyo a futuros trabajos de investigación que integren factores ambientales (edáficos, climáticos, etc.) y técnicos (material vegetal, productivos, etc.), para conseguir avances en la agricultura de precisión aplicada a la vid.

Referencias

- 1) ARÁN, M., VILLAR, P., XANDRI, J., ALBIZUA, L., LERÁNOZ, A., ZALBA, M., FARRÉ, X. *Estudio de las relaciones entre las propiedades del suelo, cubierta vegetal y respuesta espectral en el cultivo de la viña*. Lleida: Teledetección; medio ambiente y cambio global, 2001. 29-32. ISBN: 84-9743-001-8.
- 2) CASTAÑO, S.; QUINTANILLA, A. (EDITORES). *Teledetección: Avances y Aplicaciones*. Albacete (España): Diputación de Albacete, 1999. 462 p. ISBN: 84-89659-62-1.
- 3) CHUVIECO, E. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ª ed. Madrid (España): Ediciones RIALP, S.A., 1996. 568 p. ISBN: 84-321-3127-X.
- 4) GARCÍA, S. (EDITOR). *Atlas de León*. León: La Crónica de León, El Mundo, 2000. 399 p. ISBN: 84-86238-62-5.

- 5) GARCÍA, J.S., GARCÍA, F.M. *Evolución de la superficie ocupada por viñedo en La Mancha Conquense en la última década: aplicación con la imagen Landsat*. Lleida: Teledetección; medio ambiente y cambio global, 2001. 61-64. ISBN: 84-9743-001-8.
- 6) LANJERI, S., ROYO, J.M., SEGARRA, D., MELIÁ, J. *La evolución interanual del cultivo del viñedo en Castilla-La Mancha (1991-2000) analizada con imágenes Landsat*. Lleida: Teledetección; medio ambiente y cambio global, 2001. 118-122. ISBN: 84-9743-001-8.
- 7) MARTÍNEZ DE TODA, F. *Biología de la vid. Fundamentos biológicos de viticultura*. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 346 p. ISBN: 84-7114-313-5.
- 8) PINILLA RUIZ, C. *Elementos de teledetección*. Madrid (España): RA-MA, 1995. 344 p. ISBN: 84-7897-202-1.
- 9) REYNIER, A. *Manual de viticultura*. 5ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 407 p. ISBN: 84-7114-260-0.
- 10) RUBIO, E., ARTIGAO, M.M., CASELLES, V., COLL, C., VALOR, E. *Clasificación del viñedo en la zona de Tomelloso (Albacete)*. Lleida: Teledetección; medio ambiente y cambio global, 2001. 74-78. ISBN: 84-9743-001-8.
- 11) SANZ, F. *El viñedo español*. 2ª ed. Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias. Secretaría General Técnica. MAPA, 1982. 300 p. ISBN: 84-7479-133-2