

## LA EVOLUCIÓN INTERANUAL DEL CULTIVO DEL VIÑEDO EN CASTILLA-LA MANCHA (1991-2000) ANALIZADA CON IMÁGENES LANDSAT

S. LANJERI (\*), J. M. ROYO (\*\*), D. SEGARRA (\*) y J. MELIÁ (\*)

siham.lanjeri@uv.es

(\*) *Universitat de València (Estudi General). Departament de Termodinàmica. C/ Doctor Moliner, 50. Burjassot (València)*

(\*\*) *Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Producción Vegetal.*

**RESUMEN:** Se presentan en este trabajo los mapas de evolución del cultivo del viñedo durante el periodo 1991-2000 para una zona de cinco municipios de Castilla-La Mancha. Para ello se han utilizado dos métodos de análisis de cambio con imágenes Landsat-5 TM y Landsat-7 ETM+: (i) método de comparación de clasificaciones y (ii) Análisis del Vector Cambio (AVC). Se introduce el año 1996 como fecha intermedia para detallar el análisis cronológico del cambio producido en el viñedo.

**ABSTRACT:** In the present study, maps of vineyard crop evolution during 1991-2000 have been obtained for an area of five councils situated in the Castilla-La Mancha zone. Two methods of change analysis were applied to Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+ images: (i) comparison of classification method and (ii) change vector analysis (AVC). 1996 was introduced as an intermediate date to detail the chronological change produced on the vineyard crop.

**Palabras clave:** teledetección, viñedo, análisis de cambio.

### INTRODUCCIÓN

El componente del medio natural más sensible a las variaciones ambientales es sin duda la vegetación. La cubierta vegetal del suelo, como los cultivos agrícolas, es un magnífico indicador no solo de las variaciones de los elementos climáticos sino de la acción antrópica y su relación con elementos culturales y socioeconómicos.

La zona de Castilla-La Mancha donde se localizada el área experimental de investigación de los proyectos EFEDA, RESMEDES y RESYSMED ha sido sometida a una profunda modificación de sus cultivos tradicionales, con especial incidencia en el viñedo, el cultivo con mayor superficie en la zona. Durante los últimos quince años, el viñedo ha experimentado procesos tanto de abandono y arranque como de incorporación de riego o de nuevas variedades y técnicas de cultivo.

La identificación por teledetección de estos procesos de cambio se revela como de gran importancia, ya que permite determinar la variación de magnitudes de gran utilidad como el albedo, la biomasa, la evapotranspiración, etc.

Para llevar a cabo este estudio, se ha elegido una zona dentro del área experimental citada, compuesta por los municipios de Mota del Cuervo, Las Mesas, Tomelloso, Socuéllamos y Villarrobledo, con una superficie total de 174053 ha. El principal objetivo se encamina hacia la evaluación de los cambios en el uso del cultivo del viñedo durante la última década, 1991-2000, utilizando para ello dos métodos de detección de cambio, de los cuales se hace posteriormente un análisis de los resultados obtenidos.

### METODOLOGÍA

Para abordar el estudio multitemporal del viñedo, se han adquirido y procesado imágenes del satélite Landsat-5 TM de 1991 y 1996, y del Landsat-7 ETM+ de 2000. Se utiliza el año 1996 como fecha intermedia, que permita estudiar el impacto territorial que ha tenido el cambio en la Política Agraria Común (PAC): en una primera etapa (1991-1996) se primó el arranque del viñedo, mientras que durante los últimos años (1996-2000) se han subvencionado las plantaciones con nuevas téc-

nicas y variedades. De acuerdo con ello y con la capacidad de discriminación que nos permiten las imágenes TM, se han considerado cuatro posibilidades en la evolución de las parcelas del viñedo, durante la década 1991-2000:

1. Viñedo que no experimenta cambio (V, V).
2. Viñedo que, de forma permanente, cambia a otros cultivos o simplemente se abandona (V, \*).
3. Viñedo que cambia temporalmente de uso, y vuelve a ser viñedo durante la década (V, \*, V).
4. Nuevos viñedos (\*, V).

Los cambios producidos en la cubierta vegetal del viñedo [(V, \*), (V, \*, V) y (\*, V)], a los efectos de su identificación por teledetección, han sido agrupados en tres categorías de cambio: viñedos abandonados + cereal (AC), barbecho (BR) y otros (OT).

La detección de estos cambios es posible realizarla siguiendo diversas técnicas, entre las cuales se han elegido dos:

(i) Análisis comparativo de clasificaciones independientes producidas para diferentes fechas (Jensen *et alii*, 1993).

(ii) Análisis del Vector Cambio (AVC) (Lambin y Strahler 1994).

Los tratamientos realizados a las imágenes han sido de corrección geométrica y de normalización radiométrica (Lanjeri, 1998).

#### (i) Método de comparación de clasificaciones

Se ha llevado a cabo un inventario de la zona de estudio para los años 1991 y 2000, utilizando el método de Clasificación Multitemporal de Mascaras (Lanjeri, 1998). El método consiste en clasificar las categorías en etapas sucesivas, haciendo en cada fase una máscara de la clase identificada para evitar posibles confusiones en las sucesivas etapas. Para el año 1991, se han utilizado dos fechas (27 de Mayo y 14 de Julio) y otras dos (25 de Abril y 15 de Agosto) para el año 2000. Posteriormente, se han comparado las dos clasificaciones, generando mapas de cambio de la superficie ocupada por el viñedo en ambos años.

#### (ii) Método de Análisis del Vector Cambio AVC

En primer lugar, se ha realizado, con valores de NDVI, un análisis espectral de las diferentes categorías de cambio, ya que permiten una mejor evaluación del cambio que utilizando las bandas TM y ETM+ separadamente (Lanjeri, 1998). Para ello se ha creado una máscara de la superficie ocupada por este cultivo en el inventario del año 1991 y se han generado imágenes de NDVI de esa zona para 1991 y 2000.

Posteriormente, se ha generado una imagen de distancias a través de un programa informático que calcula esa magnitud como una distancia euclidiana entre las dos posiciones que presenta el viñedo en un espacio bidimensional entre dos fechas t1 y t2:

$$|C_{NDVI}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Donde  $x_1$ ,  $x_2$  e  $y_1$ ,  $y_2$  son, respectivamente, los valores de NDVI de los píxeles pertenecientes a las imágenes de primavera y verano de cada año.

### RESULTADOS

En la imagen del vector cambio, se diferencian perfectamente los cambios a AC, sin embargo se produce cierta confusión entre los cambios a BR y los viñedos que simplemente aumentan o disminuyen su cobertura. Para solucionar este problema se utilizan las dos imágenes Landsat ETM+ del 2000 como información auxiliar; en las que el cambio de viñedo a barbecho (BR) presenta una variación espectral relativamente pequeña y el viñedo que no cambia (V, V) presenta un incremento apreciable de los valores de NDVI. Posteriormente, se ha generado un falso color a partir de las tres imágenes y se ha realizado una clasificación no supervisada para generar el mapa de cambio del viñedo en el periodo 1991-2000.

Para detectar los nuevos viñedos (\*, V) y analizar su uso agrícola en 1991, se ha seguido la metodología descrita anteriormente, pero tomando como imagen de partida el inventario del 2000.

Se ha detallado el estudio del cambio del viñedo introduciendo el año 1996. Mediante la misma metodología, se han analizado los cambios producidos en el viñedo durante el periodo 1991-1996 y se ha estudiado el uso agrícola en 1996 de los nuevos viñedos en 2000.

A través de la aplicación de los dos métodos, se han generado mapas de cambio del viñedo para el periodo 1991-2000 y mapas de los usos anteriores de la superficie ocupada por las nuevas plantaciones de viñedo. A continuación se presenta, a modo de ejemplo, el Mapa de Cambio del Viñedo (1991-2000), siguiendo la metodología de comparación de clasificaciones (Figura 1), y el Mapa de los Nuevos Viñedos (2000), obtenido a partir del Análisis del Vector Cambio (Figura 2).





**Figura 1.** Mapa de cambio del viñedo (1991-2000) obtenido a partir del método de comparación de clasificaciones.

(Ver figura en color en la página 665)



**Figura 2.** Mapa de la superficie del viñedo en el año 2000, en función de los usos de suelo existentes en 1991; obtenido a partir del método del vector cambio.

(Ver figura en color en la página 665)

A partir de los mapas creados, se ha calculado la superficie de las categorías de cambio (AC, BR y OT) y del viñedo que no varía (Tabla1); así como el área de los distintos usos de suelo que aparecen como viñedo en el año 2000 (Tabla 2).

	Veg. natural +Cereal (AC) (2000)		Barbecho (BR) (2000)		Otros (OT) (2000)		Viñedo (V, V) (sin cambio)		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Com. clas.	17110	19,65	8344	9,58	973	1,12	60647	69,65	87074	100
AVC	17119	19,66	7834	9,00	335	0,38	61786	70,96	87074	100

**Tabla 1.** Superficie ocupada por las diferentes categorías de cambio (AC, BR y OT) durante el periodo 1991-2000, en ha y %, obtenidas a partir de los dos métodos de análisis de cambio.

	Veg. natural +Cereal (AC) (2000)		Barbecho (BR) (2000)		Otros (OT) (2000)		Viñedo (V, V) (sin cambio)		TOTAL	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Com. clas.	10097	13,5	3367	4,5	365	0,49	60960	81,51	74789	100
AVC	9873	13,2	3489	4,67	259	0,35	61168	81,79	74789	100

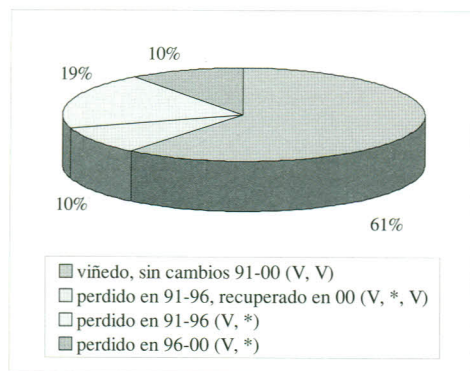
**Tabla 2.** Superficie ocupada por el viñedo en 2000, según los usos existentes en 1991 (AC, BR y OT), en ha y %; obtenidas a partir de los dos métodos de análisis de cambio.

El método de comparación de clasificaciones es ventajoso en cuanto al tiempo necesario para implementarlo, pero la precisión del resultado final depende de la exactitud de las clasificaciones en cada una de las fechas, ya que los errores son multiplicativos.

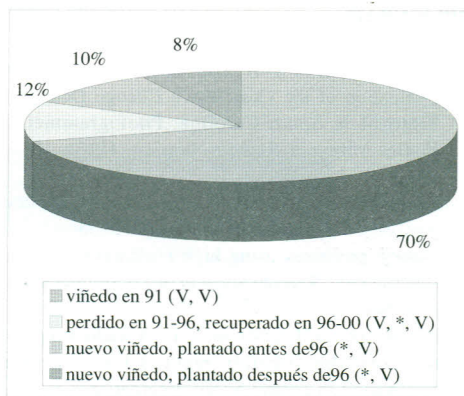
El método de Análisis del Vector Cambio precisa de una mayor cantidad de tiempo, ya que es necesario obtener la clasificación de, al menos, uno de los años. Sin embargo, la precisión del método es mayor que en el primero ya que los errores únicamente se suman; otra ventaja es que permite introducir datos de años intermedios sin la necesidad de realizar una clasificación para esa nueva fecha.

No obstante, a partir del análisis de los datos presentados en las Tablas 1 y 2, se deduce que ambos métodos generan resultados similares. Por lo tanto es posible utilizar los datos obtenidos a partir del Análisis del Vector Cambio (AVC) para el año 1996, como información intermedia en el estudio de la evolución cronológica del viñedo en el periodo 1991-2000.

A continuación, se representa la evolución de la superficie del viñedo desde la perspectiva de 1991 (Figura 3) y de 2000 (Figura 4).



**Figura 3.** Cambios experimentados por la superficie del cultivo de viñedo existente en 1991 durante el periodo 1991-2000.



**Figura 4.** Evolución experimentada por la superficie de viñedo existente en 2000, durante el periodo 1991-2000.

Como muestra la Figura 3, durante el periodo 1991-1996, han cambiado de uso 26119 ha, el 29% de la superficie de viñedo de la zona; mientras que en el periodo 1996-2000, únicamente se perdieron 9085 ha, el 10% del área de viñedo en 1991, una superficie tres veces menor.

Por el contrario, el análisis del viñedo existente en el año 2000 (Figura 4) refleja que la tendencia en la plantación ha sido opuesta: en el periodo 1991-1996 se plantaron un total de 7915 ha; cantidad que se duplicó en la etapa 1996-2000, en la que se plantaron un total de 14585 ha, el 20% de la superficie cultivada de viñedo en el 2000.

## CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos, se deduce que:

- (i) Los métodos de Comparación de Clasificaciones y de Análisis de Vector Cambio (AVC) generan similares resultados. Por lo que, dependiendo de cual sea la información preliminar disponible y el tiempo a invertir en el proceso de análisis de cambio, es posible utilizar una u otra metodología.
- (ii) El cambio en la PAC referida al viñedo, ha provocado que se invierta la evolución negativa que había experimentado este cultivo en la zona de estudio. Así pues, se diferencian dos periodos: de 1991 a 1996, en el que se perdieron 18204 ha de viñedo; y de 1996 a 2000, en el que la superficie del viñedo aumento en 5500 ha.

## BIBLIOGRAFÍA

- JENSEN, J. R., COWEN, D. J., ALTHAUSEN, J. D., NARUMALANI, S. y WEATHERBEE, O. (1993). An Evaluation of the CoastWatch Change Detection Protocol in South Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(6): 1039-1046.
- LAMBIN, E. F. y STRAHLER, A. H. (1994). Change-Vector Analysis: a tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal-resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 48: 231-244.
- LANJERI, S., MELIA, J. y SEGARRA, D. A multi-temporal masking classification method for vineyards monitoring in central Spain. *International Journal of Remote Sensing*. Pendiente de publicación.
- LANJERI, S. (1998). Análisis mediante teledetección de los cambios en el uso agrícola del suelo relaciona-

dos con el viñedo en zonas amenazadas de desertificación en Castilla-La Mancha. Tesis Doctoral. Universitat de València.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido llevar a cabo gracias a los proyectos: "Evaluación por Teledetección de la incidencia de los cambios de la cubierta vegetal del suelo en los flujos de agua y energía" (CLI99-0793) y "La cubierta vegetal del viñedo como elemento clave en la vertebración territorial de Castilla-La Mancha" (1FD97-1090-C03-01) subvencionados por el CYCIT y a una beca concedida por la Agencia Española de Cooperación Internacional – AECI.