MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

2000 Época II N° 17

COMITÉ EDITORIAL: Ch. P. BLANC

G.U. CARAVELLO

S.G. CONARD

A. FARINA

A. FERCHICHI

M. MANSOUR (†)

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias

COMITÉ CIENTÍFICO:

Ch. P. BLANC. Lab. Zoogéographie. Université Montpellier III. Francia.
S.G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.
A. FARINA. Lab. Ecología del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.
M.MANSOUR. Institute of Ecological Chemistry. GSF-Munich. Alemania (†).
G.U.CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, J. Martín, G. López, E. Seva.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Dep. Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Victoriano Peiró. Dep. Ecología. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.

CORRESPONDENCIA:

Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.
Teléfono de Secretaría: 96/5909520
Fax: Rev. Mediterránea. Dep. Ecología. 96/5903464

I.S.S.N.: 0210-5004

Depósito Legal: A-1059-1984

Composición e impresión: Gráficas ESTILO, S.C. Alicante

Estos créditos pertenecen a la edición impresa de la obra

Edición electrónica:

MEDITERRÁNEA

Epoca II. N.º 17

**SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS
UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

**Paisajes amenazados de la cuenca
mediterránea. Aplicación del SIG en el
análisis de la dinámica de usos del territorio
(1956-1998) en la Vall de Gallinera (Alicante-
España)**

Índice

Portada

Créditos

Paisajes amenazados de la cuenca mediterránea. Aplicación del SIG en el análisis de la dinámica de usos del territorio (1956-1998) en la Vall de Gallinera (Alicante-España).	5
Resumen	5
Resumé	6
Summary	7
Introducción	8
Área de estudio	10
Material y método	12
Análisis de la dinámica paisajística general en la Vall de Gallinera	16
Resultados	18
Análisis de la dinámica general de usos en La Vall de Gallinera	18
Cambios espacio-temporales en el paisaje de la vall de gallinera. Análisis crosstab del periodo 1956-1998	25
Análisis crosstab 1956-1998	26
Conclusiones	33
Bibliografía	36

Paisajes amenazados de la cuenca mediterránea. Aplicación del SIG en el análisis de la dinámica de usos del territorio (1956-1998) en la Vall de Gallinera (Alicante-España) (nota 1)

José Emilio Martínez Pérez *

Joaquín Martín Martín *

Eduardo Seva Román *

RESUMEN

Los paisajes, al igual que el resto de unidades ecológicas, son entes dinámicos. En un paisaje agroforestal, como el de la Vall de Gallinera, encontramos una fuerte dependencia antrópica. El paisaje se mantiene, y evoluciona, debido a la intervención humana. Así, los cambios que se producen en la dinámica socioeconómica del municipio se reflejan en el paisaje.

Para determinar el dinamismo del paisaje se ha optado por el uso combinado del SIG IDRISI, utilizando el análisis CROSSTAB, junto a una de las fuentes de datos más objetivas: la fotografía aérea. Con

el fin de facilitar la cuantificación de las tasas de cambio se ha procedido a generar una serie de cartografías simplificadas. En estos mapas se han considerado las siguientes clases genéricas: cultivos, abandono, natural y otros.

Gracias a los análisis realizados se pone de manifiesto la necesidad de actuar urgentemente sobre un entorno deprimido, sometido a una elevada tasa de abandono agrícola, durante las últimas décadas. Estos procesos de abandono conllevan importantes riesgos ambientales (aumento de la tasa de erosión y peligro de incendios forestales, entre otros) a los que se debe hacer frente antes de que se conviertan en un grave problema para la gestión del territorio.

RESUMÉ

Les paysages, comme le reste des unités écologiques, sont des entités dynamiques. Dans un paysage agroforestier, comme celui du "Vall de Gallinera", nous trouvons une forte dépendance anthropique. Le paysage se maintient et évolue, cause de l'intervention humaine. Ainsi les changements qui se produisent dans le dynamisme socio-économique de la municipalité se reflètent sur le paysage.

Pour déterminer le dynamisme du paysage, on a adopté pour son usage combiné le SIG IDRISI utilisant l'analyse CROSSTAB, avec des données plus objectives: la photographie aérienne. Afin de faciliter la quantification des taxes de changements on a procédé à une série de cartographies simplifiées. Sur ces cartes, on a considéré les différentes classes génériques: cultures, abandon, naturel ou autres.

Grâce aux analyses réalisées, il est urgent d'agir sur un entourage déprimé, soumis à une taxe élevée d'abandon agricole, durant les dix

dernières années. Ce processus d'abandon comportent des risques sur l'environnement importants (augmentation de taxe d'érosion et danger des incendies forestiers entre autre) auxquels il faut faire face avant qu'ils se convertissent en grave problème pour la gestion du territoire.

SUMMARY

As all the other ecological units, landscapes are considered dynamic entities. In an agroforestral landscape as the one of "Vall de Gallinera" is, we can find a high antropic dependence. The landscape is maintained, and it developes itself due to the human intervention. Thus, the changes produced in the socio-economical dynamics of the municipality are reflected in landscape. To determine the landscape dynamics, a combined use of GIS IDRISI, using CROSSTAB analysis, combined with aerial photography has been used. To make easier the change rate quantification, a series of simplified cartographies has been generated. In these maps we have considered the following generic classes: farmland, abandonment, natural and others.

Through the analysis performed, the need to act urgently on a depressed environment, put under a high agricultural abandonment rate during the last decades, is remarked. These abandonment processes carry on important environmental risks (erosion rate increase, forestal fires danger, etc..) which we must face before they become a bigger problem to the land management.

Key words: Landscape change, Abandonment, Mountain areas, GIS, Alicante, Spain.

Palabras clave: Cambio paisajístico, abandono, áreas de montaña, SIG, Alicante-España.

Mots clés: Change du paysage, Abandon, Aire montaigneuse, SIG, Alicante, Espagne.

INTRODUCCIÓN

Los paisajes, como el resto de unidades ecológicas, son entes dinámicos. Este dinamismo se refleja en su estructura, en su función y en su patrón espacial (DUNN *et al.*, 1990). El paisaje está formado por una serie de elementos agrupados (hábitats, comunidades y usos del territorio), cuya configuración espacial depende de la combinación de factores ambientales y humanos (FORMAN & GODRON, 1986). En un paisaje agroforestal, como el de la Vall de Gallinera, encontramos una fuerte dependencia antrópica. El paisaje se mantiene por la intervención humana directa. Así, los cambios en las prácticas de gestión, en la dinámica social, política y económica, a escala local, se reflejan en cambios del paisaje (DI CASTRI & HADLEY, 1988).

La detección de las tasas y patrones de cambio, en el paisaje, son aspectos fundamentales en la investigación ecológica del territorio (LUBCHENCO *et al.*, 1991).

Primeramente, el uso al que se destina el suelo juega un importante papel en el balance global de elementos, sobre todo del carbono, de gran relevancia para el cambio climático (HOUGHTON *et al.*, 1983; ADAMS *et al.*, 1990; TANS *et al.*, 1990). En segundo lugar, la limpieza del terreno, en cuanto a nuevas roturaciones y la eliminación de manchas de vegetación natural, supone un significativo aumento de la fragmentación del paisaje, sobre todo de las manchas de vegetación forestal o matorrales (FRANKLIN & FORMAN, 1987; RIPPLE *et al.*, 1991; LI *et al.*, 1992; SKOLE & TUCKER, 1993; WALLIN *et al.*, 1994), lo que supone un impacto negativo sobre la diversidad biológica de la zona (PULLIAM, 1988; CAREY *et al.*, 1992). Por último, el desarrollo de modelos en los que se considera el paisaje como un ente dinámico, supone la posibilidad de desarrollar un mejor diseño de áreas de conservación, ya que se parte de la descripción real del patrón, así como de la tendencia del paisaje (FRANKLIN & FORMAN, 1987), a través de una serie de tiempo. El análisis de la historia reciente a escala humana, y de los patrones de usos del territorio, ofrecen, en la actualidad, las bases para valorar los patrones del paisaje futuro y las consecuencias ambientales derivadas de los mismos (ZHENG *et al.*, 1997).

ÁREA DE ESTUDIO

Al norte de la provincia de Alicante, en la comarca de la Marina Alta, se encuentran una serie de valles paralelos, perpendiculares a la costa, entre los que se define la Vall de Gallinera (Figura 1). Este valle, que forma parte de la denominada *montaña alicantina*, se caracteriza por una morfología de estrecha cubeta y una abrupta orografía, debido al predominio de elementos carbonáticos en su litología. Este entorno ha sido históricamente adaptado a las necesidades de sus pobladores, siendo muestra de ello el complejo sistema de terrazas de cultivo edificado entre pendientes inaccesibles.

El clima, en líneas generales, sigue el patrón típico mediterráneo. Esto supone un importante déficit hídrico en los

Figura 1. Localización de la zona de estudio

meses estivales y un pico de precipitación durante el otoño (40% del total anual), alcanzándose valores anuales próximos a los 800 mm.

Como respuesta al clima y al sustrato, se puede concluir que la vegetación dominante se corresponde con los bosques de carrasca en las partes altas. Cuando se desciende, se entra en un matorral denso, típico de la maquia mediterránea, que va perdiendo entidad según nos aproximamos a las áreas cultivadas. Parte del dominio potencial está ocupado por diferentes repoblaciones de pino carrasco de buen desarrollo. La presencia de barrancos y cauces de aguas intermitentes enriquece la vegetación con especies propias de suelos más húmedos. Algunas áreas del valle, principalmente las de solana, presentan un aspecto más degradado. Esto se debe a una histórica explotación ganadera, y de extracción de leña y carboneo, además de la incidencia de repetidos incendios forestales (MARTÍNEZ, 1999).

La agricultura tradicional ha ido perdiendo terreno desde la década de 1950. Desde esos años, los cultivos abancalados más elevados, y descendiendo progresivamente a menores cotas, han ido dejando paso a la colonización por parte de la vegetación natural. Actualmente, nos encontramos con un mosaico revegetado cuya heterogeneidad es la respuesta a

los sucesos de abandono y a los diversos impactos provenientes de la mano del pastoreo, incendios, talas, etc. (MARTÍNEZ, 1999).

MATERIAL Y MÉTODO

Para determinar el dinamismo del paisaje de La Vall de Gallinera, en definitiva el cambio, se ha optado por una de las fuentes de datos más objetiva: la fotografía aérea. Así, el presente estudio representa el primer análisis sistemático de cambio del paisaje para La Vall, durante el periodo 1956 - 1998. Este municipio puede considerarse como área piloto de la dinámica del entorno de los paisajes tradicionales, de vocación agroforestal, de la media montaña mediterránea al Norte de la provincia de Alicante. Son numerosos los trabajos que recurren a la percepción remota, en la que se cuenta con series de fotografías aéreas para hacer un análisis objetivo de los procesos de cambio en el territorio (IVERSON *et al.*, 1989; DUNN *et al.*, 1990; GREEN *et al.*, 1994; ZHENG *et al.*, 1997), centrándose en los patrones y las tasas de conversión.

Para determinar, de forma más explícita, la cuantificación de las tasas de cambio en los diferentes usos del territorio, se ha procedido a una simplificación de los elementos carto-

grafiados para cada uno de los vuelos. Es decir, se ha pasado de una serie cartográfica con un elevado nivel de discriminación, materializado en algo más de una decena de usos del territorio, a una serie simplificada que refleja los cambios globales en los elementos predominantes del paisaje (cultivos, abandono, natural y otros). Con esta reagrupación de usos se pretende seguir la evolución lógica de un sistema agroforestal que sufre un proceso de abandono. De este modo, reflejamos el proceso de cambio de un sistema que pasa de vocación agrícola a forestal, a través de un proceso de abandono.

Las clases finales, con las que se ha realizado el análisis global de cambio, son: 1) Cultivos, categoría compuesta por la totalidad de elementos agrícolas del valle. Tales elementos se resumen en: cultivo en llano, cultivo en terraza, cereal, huerta y, por último, los grandes árboles; 2) Abandono, formada por las dos categorías de abandono consideradas en el trabajo. El criterio de identificación de estas clases se ha basado en la discriminación de la estructura de bancal. Esta es la segunda etapa en la serie hacia la recuperación de tierras por parte de la vegetación natural; 3) Natural, recreada con las categorías de las diferentes tipologías de matorral existentes, así como con la vegetación riparia y los pinares.

Aunque la tercera categoría sería la etapa final para la serie general evolutiva del territorio, a la hora de cuantificar las superficies se ha considerado una cuarta clase en la que se contemplan otros usos que no pueden encajar en ninguna de las categorías anteriores. Estos usos se definen como: movimientos de tierra, puntos de erosión y núcleos de población, ya que también intervienen en la distribución total de superficies. Esta última clase no se ha considerado en los análisis de cruce (CROSSTAB) entre diferentes años, ya que al ser escasamente representativa, y mantener una distribución territorial dispersa, inducía a un incremento en el error de los cálculos realizados por el SIG. En todos los casos se ha procedido a un filtrado, utilizando el parámetro estadístico de la moda, para sustituir esas pequeñas superficies por la categoría representada más próxima (EASTMAN, 1997).

Como se comentaba anteriormente, el análisis de cambio espacio-temporal se desarrolla en el SIG IDRISITM a través del módulo CROSSTAB (EASTMAN *et al.*, 1995; EASTMAN, 1997). Este módulo proporciona una técnica comparativa entre imágenes, en este caso cartografías temáticas, cuando éstas contienen datos cualitativos (usos del territorio). El aspecto más importante del CROSSTAB es la posibilidad de calcular la totalidad de posibles combinaciones entre los elementos de dos imágenes separadas por un intervalo de

tiempo. De este modo, es posible conocer qué zonas siguen perteneciendo al mismo elemento, qué otras superficies han cambiado y, finalmente, cuáles han sido los elementos de sustitución.

Otro aspecto importante, derivado de la utilización de este sistema de comparación, es la obtención de una matriz cruzada entre los datos de las imágenes objeto de comparación. El análisis de esta matriz de clasificación cruzada debe basarse en una comparación entre los datos pertenecientes a la diagonal principal y los que están fuera de ésta. La diagonal comprende las celdas que no han sufrido cambio a lo largo del periodo tratado, mientras que los datos fuera de la diagonal representan las celdas que han incorporado cambio.

Adicionalmente, se obtienen varias medidas de asociación entre las diferentes imágenes, donde es necesario destacar el Índice Kappa (ROSENFELD & FITZPATRICK-LINS, 1986; CARSTENSEN, 1987), también conocido como KIA (Kappa Index of Agreement). Este índice se considera particularmente importante, por su sencillez y fiabilidad, en la evaluación de la precisión con la que se pueden distinguir las celdillas en que se producen, o no, modificaciones de categoría (FUNG & LEDREW, 1988). El KIA presenta un rango de valo-

res entre **-1** y **1**, indicando el grado de concordancia entre las dos imágenes analizadas. Si el valor de Kappa es **1**, las imágenes están en perfecta concordancia y no se han producido cambios. Es decir, si el índice presenta valores elevados, implica una continuidad del área de distribución del elemento analizado. Si, por el contrario, una de las imágenes es completamente distinta a la otra, el índice tendrá valor **-1**. Los índices bajos, suponen un cambio en las zonas de distribución del elemento a lo largo del periodo considerado. Cuando los cambios que aparecen en el contraste de las imágenes se atribuyen al azar, el índice Kappa es cero.

Índice Kappa: $K_i = (P_{ii} - P_{i.} \cdot P_{.i}) / (P_{i.} - P_{i.} \cdot P_{.i})$

Donde,

P_{ii} = proporción de la imagen en que la categoría *i* coincide en ambas fechas.

$P_{i.}$ = proporción de la categoría *i* en la imagen de *referencia*.

$P_{.i}$ = proporción de la categoría *i* en la imagen de *no referencia*.

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA PAISAJÍSTICA GENERAL EN LA VALL DE GALLINERA

El análisis de cambio, desde un punto de vista global, se ha desarrollado en dos vertientes: en primer lugar se ha proce-

dido a un análisis de la evolución de las superficies para los cuatro usos simplificados, reseñados anteriormente. En éste, se observa cómo se ha ido modificando la estructura del paisaje, sin tener en cuenta la localización del fenómeno evolutivo. En segundo lugar, a modo de visión general, se utilizan las imágenes reclasificadas de los vuelos de 1956 y 1998 para observar de qué manera se ha producido el cambio espacial. Este paso permite localizar el cambio sobre el territorio, al tiempo que favorece el análisis mediante la relación con factores y elementos del medio físico.

El patrón paisajístico que se observa en la actualidad es producto de las interacciones naturales y sociales (NAVEH & LIEBERMAN, 1984). Los atributos físicos del paisaje, como la topografía o la naturaleza microclimática de determinadas localizaciones, juegan un importante papel, tanto en la determinación de la vegetación natural, que se desarrolla en el paisaje, como en la selección por parte del hombre de un determinado territorio para desarrollar un uso específico (FERNÁNDEZ *et al.*, 1992).

Partiendo de la tendencia humana a transformar el entorno, se observa que el patrón sucesional del territorio, en el tiempo y en el espacio, depende del régimen de las perturbaciones antrópicas, de las características naturales del medio,

tanto bióticas como físicas, así como de la heterogeneidad de partida, producida por los usos previos (PREISS *et al.*, 1997).

Los paisajes rurales, y La Vall no es una excepción, son una combinación de bosque, matorrales y superficies agrícolas adaptados a las necesidades de los pobladores (SÁNCHEZ, 1995). Este espacio agrario, destinado en la mayoría de casos a la subsistencia, ocupa una extensión reducida en la media montaña mediterránea. Los usos más naturales, entre los que se identifican las distintas tipologías de matorral o bosque, suelen ocupar entre el 60% y el 70% del término municipal, frente a un escaso 30% que ocupan las labores agrícolas, siempre con una clara tendencia a la baja (SÁNCHEZ, 1995).

RESULTADOS

Análisis de la dinámica general de usos en La Vall de Gallinera

Cuando realizamos el análisis temporal del territorio, a partir de los diferentes vuelos editados, podemos observar cómo la distribución de superficies se inclina hacia la pérdida de espacios agrícolas, a través de un importante proceso de abandono, siendo sustituidos por la vegetación natural.

USO (ha)	VUELOS				
	1956	1977	1989	1994	1998
Cultivo	1865.8	1629.0	1237.0	964.6	835.5
Abandono	22.9	416.2	489.6	521.7	227.6
Natural	3482.2	3309.0	3610.0	3817.8	4235.2
Otros	39.2	56.1	73.7	106.2	112.2
Total	5410.3	5410.3	5410.3	5410.3	5410.3

Tabla 1. Evolución general de las superficies de usos del territorio en La Vall de Gallinera, expresadas en hectáreas.

Las cifras que se muestran en la Tabla 1 ponen de manifiesto que el paisaje de La Vall de Gallinera, es vulnerable, al igual que la gran parte de territorios rurales de la montaña mediterránea, ya que su permanencia en el tiempo está condicionada por la permanencia de los pobladores.

Todo paisaje agroforestal, en un entorno de montaña mediterránea, se basa en dos elementos fundamentales (SÁNCHEZ, 1995). De un lado, en unas condiciones ecológicas especiales que hacen muy difícil su mantenimiento. La distancia a los núcleos de población, la pendiente, una defi-

Mediterránea
Serie de estudios biológicos (2000)

USO (%)	VUELOS				
	1956	1977	1989	1994	1998
Cultivo	34.5	30.1	22.9	17.8	15.4
Abandono	0.4	7.7	9.1	9.6	4.2
Natural	64.4	61.2	66.7	70.6	78.3
Otros	0.7	1.0	1.4	2.0	2.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabla 2. Evolución general de las superficies de usos del territorio en La Vall de Gallinera, expresadas en porcentajes.

ciente red de caminos, escasos rendimientos económicos y determinadas variaciones, en el microclima, hacen que la motivación por el trabajo agrícola vaya perdiéndose. Por otra parte, la sociedad creadora de este tipo de entorno se está desestructurando, por lo que desaparece el elemento humano que lo ha sostenido.

En las últimas décadas se ha producido una serie de transformaciones socioeconómicas que han actuado como el percutor para el decaimiento del sistema agrícola en La Vall. La fuerte emigración hacia zonas más prósperas, en busca de

mejores condiciones de vida, provocó grandes desequilibrios demográficos que se reflejan en una población envejecida. Esta dinámica poblacional regresiva, tendente a la desaparición de clases jóvenes, supone la ruptura de la estructura social de la comunidad y de la actividad productiva (MARTÍN, 1995).

Los datos que se desprenden del análisis muestran una importante reducción en la presión explotadora del entorno.

Evolución General (1956-1998)

Gráfico 1. Evolución general de las superficies de usos del territorio en La Vall de Gallinera, expresada en hectáreas.

Esta disminución es proporcional al patrón evolutivo de la población.

A lo largo del tiempo, el patrón paisajístico dominante, o matriz del territorio, es el uso forestal (Tabla 2). Partiendo de algo más de un 64% del territorio en 1956, con cerca de 3500 ha, se pasa a una situación de completa dominación con un 78% de la superficie del término municipal en 1998, cubriendo una extensión de más de 4200 ha.

Si observamos la tendencia seguida por la agricultura, rápidamente se aprecia un acelerado descenso de las superficies en explotación, debido, en su mayor parte, a razones de dinámica poblacional. En algo más de cuarenta años, se ha pasado de una explotación intensa, materializada en diferentes tipologías de usos agrícolas, con una ocupación próxima a las 1900 ha (más del 34% de la superficie territorial), a un laboreo con una superficie de trabajo de 835 ha, traducidas en un 15% del término municipal. Esto conlleva una reducción de más del 50% de la superficie agrícola en el periodo 1956-1998, con un considerable aumento de la fragmentación del entorno.

En los gráficos representados (Gráficos 1 y 2) es posible observar, de forma clara, la tendencia general de los usos del territorio en La Vall. Así, la agricultura ha ido cediendo

Gráfico 2. Representación gráfica de las superficies ocupadas por los diferentes usos en cada uno de los periodos analizados.

terreno a unos usos naturales, o forestales, caracterizados por una serie de elementos vegetales propios de la sucesión post-abandono en espacios tradicionalmente agrícolas.

La categoría expresada como abandono muestra una ligera tendencia ascendente, pasando de una mínima superficie

abandonada en 1956, próxima a las 23 ha, a un pico de cerca de 500 ha en 1994. El acusado descenso de superficie abandonada, cartografiada en 1998, con 227 ha, pone de manifiesto la recuperación natural del área, ya que el abandono ha sido cuantificado partiendo de la identificación de la estructura de bancal.

Los elementos relacionados con otros usos han mantenido una dinámica más estable a lo largo del tiempo, incrementándose gracias a las actuaciones dirigidas a una mejora de la red de caminos, a través de la montaña, así como la aparición, en casos puntuales, de nuevas roturaciones o transformaciones para ampliar explotaciones activas o recuperar algunas ya abandonadas. En este caso, se ha pasado de una ocupación próxima a las 39 ha, para alcanzar algo más de 110 ha, lo que supone poco más de un 2% del territorio. La evolución de esta clase no ha sido muy representativa, ya que 22.5 ha. pertenecen a los núcleos de población. Esto supone, respecto a la clase de otros usos, un 57% en 1956 y un 20% en 1998. Este elemento se ha considerado constante a lo largo del periodo de estudio, ya que no se han producido modificaciones destacables en los cascos urbanos a lo largo del periodo de tiempo analizado.

CAMBIOS ESPACIO-TEMPORALES EN EL PAISAJE DE LA VALL DE GALLINERA. ANÁLISIS CROSSTAB DEL PERIODO 1956-1998

Una vez analizada, de manera global, la dinámica de la superficie ocupada, por los diferentes usos tratados en La Vall, se pretende estudiar en qué modo se ha producido la variación espacial del fenómeno de cambio. Para este análisis general, centraremos la atención sobre los vuelos de

USO (ha)	VUELOS		CAMBIO (ha)
	1956	1998	1956-1998
Cultivo	1865.8	835.5	-1030.3
Abandono	22.9	227.6	204.7
Natural	3482.2	4235.2	753.0
Otros	39.2	112.2	73.0
Total	5410.3	5410.3	

Tabla 3. Evolución general de las superficies de usos del territorio, en La Vall de Gallinera, durante el periodo 1956-1998, donde se refleja la situación del cambio, en hectáreas. La expresión del cambio (1956-1998) se ha obtenido por resta simple de las superficies de los usos implicados en ambos vuelos.

1956 y 1998, ya que lo interesante es conocer, además de cómo, dónde se han producido los diferentes cambios.

En la Tabla 3 es posible apreciar las diferencias de superficie para estas dos instantáneas temporales. Cabe destacar el fuerte decrecimiento que se ha producido en la superficie cultivada respecto del vuelo de referencia (1956), favoreciéndose otras categorías en la dinámica de sucesión natural de la zona.

ANÁLISIS CROSSTAB 1956-1998

Para la realización del análisis de clasificación cruzada, como se cita en párrafos anteriores, se han utilizado las imágenes de usos generalizadas. Estas imágenes han sido tratadas, mediante un filtrado, en el que se utiliza la moda, para sustituir la clase *otros*, por la categoría más próxima. Este proceso se aplica con la intención de reducir el error producido por la distorsión de la fotografía aérea al digitalizar las manchas de usos más pequeñas y dispersas (EASTMAN, 1997). Las nuevas imágenes que contienen los principales usos del territorio son procesadas en el módulo CROSSTAB de IDRISI.

Una vez realizado el análisis se obtiene una serie de elementos de juicio para valorar la importancia y el grado de los

		USOS VUELO 1956			
		Cultivo	Abandono	Natural	Total
USOS VUELO 1998	Cultivo	33500	214	5225	38939
	Abandono	8092	36	2714	10842
	Natural	42387	769	147437	190593
	Total	83979	1019	155376	240374

Tabla 4. Indicación del número de celdillas (cada celdilla representa 225 m²) que han sufrido algún tipo de variación en el periodo de tiempo analizado. La diagonal principal (sombreada) representa las celdillas que no han cambiado.

cambios acontecidos en la Vall de Gallinera durante el periodo 1956-1998. Estos elementos se resumen en una matriz de transición de usos y en los datos aportados por el Índice KIA, además de obtener la representación cartográfica de las combinaciones entre los usos de 1956 y 1998.

A la hora de evaluar los resultados obtenidos en la matriz de transición, representados en la Tabla 4, se puede llegar a pensar que se ha producido algún tipo de incongruencia durante el análisis, ya que aparecen situaciones, aparentemente ilógicas, como la recuperación de espacios naturales,

Reparto de la Propiedad Catastral (1995)

Gráfico 3. Representación del número de parcelas, y de propietarios, censados en el Catastro Rural de 1995, en el municipio de la Vall de Gallinera.

para nuevas roturaciones agrícolas, frente a una situación de abandono creciente. En respuesta a esto debemos recordar que hay un intervalo de tiempo de más de 40 años entre las dos situaciones analizadas, con la posibilidad de que se hayan producido múltiples combinaciones en la sucesión de usos. Además, debemos añadir otra particularidad del Valle, ya que la tierra está repartida en forma de pequeñas parcelas entre un gran número de propietarios, con una irregular

Paisajes amenazados de la cuenca mediterránea

distribución de la propiedad en el municipio. Esto provoca una situación de aleatoriedad en el comportamiento de los usos del territorio, siendo una de las causas de la heterogeneidad y de la inexistencia de un patrón de abandono, o de una actuación determinada, en la Vall.

En la revisión catastral de 1995 (Gráfico 3) aparecieron censadas cerca de 6200 parcelas, con un total de 3349 propietarios, que cubrían los diferentes usos de la totalidad del término municipal. En lo referente a uso agrícola, se registraron un total de 4454 parcelas con 2612 propietarios y una ocu-

		USOS VUELO 1956			
		Cultivo	Abandono	Natural	Total
USOS VUELO 1998	Cultivo	13.9	0.1	2.2	16.2
	Abandono	3.4	0.01	1.1	4.5
	Natural	17.6	0.3	61.4	79.3
	Total	34.9	0.41	64.7	100

Tabla 5. Indicación del porcentaje de superficie que se ha visto afectada por algún tipo de variación en el periodo de tiempo analizado. La diagonal principal (sombreada) representa el porcentaje de superficie que no ha cambiado.

pación del territorio próxima a las 1000 ha. Esto supone un tamaño medio de parcela de unos 2250 m², poniendo de manifiesto el problema comentado anteriormente.

Los datos de la matriz de transición muestran que la mayor parte de los cambios se han producido en detrimento de la superficie agrícola (cultivo/natural). En segundo lugar, según la superficie afectada, aparecen los cambios que reflejan la situación de abandono de las explotaciones agrícolas (cultivo/abandono). Por último, y en tercer lugar, destaca la categoría que informa sobre la transición de tierras naturales hacia un aprovechamiento agrícola (natural/cultivo). El resto de clases son menos representativas y quizá habría que mencionar la situación de paso de natural al abandono (natural/abandono), presuponiendo un periodo de tiempo intermedio en el que se produjo la explotación agrícola.

Para tener una mayor percepción del cambio producido, hemos partido de la matriz de transición para llegar a una nueva matriz que informa sobre los porcentajes de ocupación del suelo (Tabla 5). Así, observamos que, prácticamente, el 14% de las tierras del valle se han mantenido en su localización original, para formas de cultivo, frente a algo más del 60% de terreno natural que también ha conservado su distribución desde 1956, en el caso de vegetación natu-

		ANÁLISIS KIA	
		Ref. 1998	Ref. 1956
USOS	Cultivo	0.8357	0.3540
	Abandono	0.0015	0.0163
	Natural	0.6866	0.9225
KIA TOTAL		0.8137	

Tabla 6. Valores del Índice KIA obtenidos en la ejecución del módulo CROSSTAB para el par de imágenes 1956-1998. Bajo el epígrafe de Análisis KIA se muestran los valores obtenidos para cada uno de los usos. En primer lugar la imagen de referencia es 1998 y en segundo lugar 1956.

ral. Los cambios de usos más importantes, desde 1956, se han producido en la dirección de pérdida de superficie agrícola para aumentar las superficies de abandono y, posteriormente, de recuperación natural. A modo de síntesis, se debe indicar la pérdida de más del 50% de la superficie original con dedicación agrícola, lo que supone una grave crisis para el sostenimiento económico del territorio.

Por último, recurriendo al resultado del análisis KIA (Tabla 6), podemos decir que en la Vall de Gallinera, después de

analizar los usos del territorio, de forma general, existe una cierta tendencia al cambio. Esta dinámica evolutiva es bastante moderada. Algo más del 75% de la superficie del municipio no ha variado su distribución original de usos en los últimos cuarenta años. Esto queda reflejado en el valor del KIA total (0.8137).

Al analizar los resultados del KIA por usos, tomando el mapa de 1998 como imagen de referencia, volvemos a verificar que la gran parte de las superficies destinadas a la agricultura en 1956 han mantenido su localización espacial a lo largo del tiempo ($KIA_{\text{cultivo}1998} = 0.8357$). Si por el contrario, analizamos la situación tomando como referencia el vuelo de 1956 ($KIA_{\text{cultivo}1956} = 0.3540$), el resultado refleja una situación de cambio importante, ya que buena parte de la superficie destinada a la agricultura, en ese año, pasa a una situación diferente en 1998.

Las categorías relacionadas con el abandono muestran una fuerte inestabilidad temporal, con unos índices KIA muy bajos, mientras que el uso natural de la zona indica un mantenimiento de la ocupación original ($KIA_{\text{natural}1956} = 0.9225$) a lo largo del tiempo. Es decir, las superficies ocupadas por vegetación natural en 1956 se han mantenido, casi en su totalidad, hasta 1998. Aunque, las localizaciones

que actualmente aparecen como naturales ($KIA_{natural1998} = 0.6866$) anteriormente estaban dedicadas a otros usos, principalmente el agrícola.

CONCLUSIONES

Como apuntábamos al inicio de este trabajo, los paisajes son entes dinámicos cuya configuración espacial depende de la combinación de factores ambientales y humanos (FORMAN & GODRON, 1986) en la cuenca mediterránea. El desarrollo de modelos en los que se considera el dinamismo del paisaje supone la posibilidad de mejorar el diseño de áreas de conservación, ya que se parte de la descripción real del patrón, así como de la tendencia del paisaje en el tiempo (FRANKLIN & FORMAN, 1987). El análisis de la historia reciente, a escala humana, y de los patrones de usos del territorio ofrece, en la actualidad, las bases para valorar los patrones esperables del paisaje futuro y las consecuencias ambientales que puedan derivarse de los mismos (ZHENG *et al.*, 1997).

La agricultura tradicional ha ido perdiendo terreno desde la década de 1950. Desde esos años, los cultivos abancalados más elevados, y descendiendo progresivamente a menores cotas, han ido dejando paso a la colonización por parte de la

vegetación natural. Este proceso implica un rápido recubrimiento vegetal por parte de las especies refugiadas en los márgenes y ofrece altos índices de diversidad en las primeras etapas del abandono (PARDO, 2000) Actualmente, nos encontramos con un mosaico revegetado cuya heterogeneidad es la respuesta a los sucesos de abandono y a los diversos impactos relacionados con acciones humanas (pastoreo, incendios, talas, etc..).

El análisis de cambio espacio-temporal se desarrolla en el SIG IDRISI a través del módulo CROSSTAB. El aspecto más importante de este módulo radica en la posibilidad de calcular la totalidad de posibles combinaciones entre los elementos de dos imágenes separadas por un intervalo de tiempo. De este modo, es posible conocer la entidad del cambio y los elementos de sustitución. Adicionalmente, se obtiene el Índice Kappa con el que se pueden distinguir las celdillas en que se producen modificaciones de categoría a lo largo del tiempo.

Al analizar los datos vemos que el patrón paisajístico dominante es el del uso forestal. Partiendo de algo más de un 64% del territorio en 1956 se pasa a una situación de dominación con un 78% de la superficie del término municipal en 1998.

La tendencia seguida por la agricultura supone un rápido descenso de las superficies en explotación, debido, en su mayor parte, a razones de dinámica poblacional. Se ha pasado de una explotación intensa (34% del territorio) a un laboreo mínimo, con una reducción de la superficie agrícola superior al 50%, lo que supone una grave crisis para el sostenimiento económico del territorio.

Recurriendo al resultado del análisis KIA, podemos decir que en la Vall de Gallinera, después de analizar los usos del territorio, de forma general, existe una cierta tendencia al cambio. Esta dinámica evolutiva es bastante moderada. Algo más del 75% de la superficie del municipio no ha variado su distribución original. Es preciso comentar aquí que la Vall de Gallinera, junto a otros tres enclaves similares del norte montañoso de Alicante, y aun considerándose tierras marginales, mantienen importantes dosis de laboreo agrícola gracias al magnífico rendimiento de frutales novedosos para el SE español, como es el caso de la cereza. Esta circunstancia, unida al hecho climático de unas precipitaciones anuales copiosas (800 mm.), propician que la heterogeneidad del mosaico sostenga una diversidad específica y de ambientes relativamente elevada. No ocurre lo mismo en territorios semiáridos de la misma provincia de Alicante, sometidos a cocientes de abandono similares y que se han visto trans-

formados drásticamente hacia escenarios deprimidos y poco diversos.

La peculiar dinámica de los usos del territorio puede explicarse, en buena parte, por la situación de alta fragmentación en el reparto de la propiedad de la tierra. Esto provoca una situación de aleatoriedad en el comportamiento del valle, siendo una de las causas de la heterogeneidad y de la inexistencia de un patrón de abandono, o de una actuación determinada, en la Vall.

El paisaje de la Vall de Gallinera es vulnerable, al igual que la gran parte de territorios rurales de la montaña mediterránea, ya que su permanencia en el tiempo está condicionada por la permanencia de los pobladores. Las acciones a emprender por parte de la Administración territorial en este conjunto de territorios, despensas de diversidad, han de serlo en un breve plazo de tiempo y contundentemente, si no se quiere asistir a una acelerada desestructuración de ambientes sometidos a las fuerzas que ejercen otros tipos de economías.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, J.M., FAURE, H., TAURE-DENARD, L., MCGLADE, J.M. & WOODWARD, H.I. 1990. Increase in terrestrial carbon storage from the Last Glacial Maximum to the present. *Nature*, **348**(6303): 711-714.

CAREY, A.B., HORTON, S.P. & BISWELL, B.L. 1992. Northern spotted owls: influence of prey base and landscape character. *Ecological Monographs*, **62**: 223-250.

CARSTENSEN, L.W. 1987. A measure of similarity for cellular maps. *The American Cartographer*, **14**(4): 345-358.

DI CASTRI, F. & HADLEY, M. 1988. Enhancing the credibility of ecology: Interacting along and across hierarchical scales. *GeoJournal*, **17**: 5-35.

DUNN, C.P., SHARPE, D.M., GUNTENSPERGEN, G.R., STEARNS, F. & YANG, Z. 1990. Methods for analyzing temporal changes in landscape pattern. In: TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. (Eds.) *Quantitative methods in Landscape Ecology. The analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. Springer-Verlag. New York. 536 pp.

EASTMAN, J.R. 1997. *Idrisi: a grid-based geographic analysis system*. Version 2.04 for Windows®. Clark University: Worcester. Massachusetts.

EASTMAN, J.R., MCKENDRY, J.E. & FULK, M.A. 1995. *Explorations in geographic information systems technology. Change and time series analysis*. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). Switzerland. 119 pp.

FERNÁNDEZ, R., MARTÍN, A., ORTEGA, F. & ALES, E.E. 1992. Recent changes in landscape structure and function in a mediterranean region of SW Spain (1950-1984). *Landscape Ecology*, **7**(1): 3-18.

FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York. 619 pp.

FRANKLIN, J.F. & FORMAN, R.T.T. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*, **1**: 5-18.

FUNG, T. & LEDREW, E. 1988. The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **54**(10): 1449-1454.

GREEN, K., KEMPKA, D. & LACKEY, L. 1994. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **60**(3): 331-337.

HOUGHTON, R.A., HOBBIE, J.E., MELILLO, J.M., MOORE, B., PETERSON, B.J., SHAVER, G.R. & WOODWELL, G.M. 1983. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1900: A net release of CO₂ to the atmosphere. *Ecology Monographs*, **53**: 235-262.

IVERSON, L.R., GRAHAM, R.L. & COOK, E.A. 1989. Applications of satellite remote sensing to forested ecosystems. *Landscape Ecology*, **3**(2): 131-143.

LI, H., FRANKLIN, J.F., SWANSON, F.J. & SPIES, T.A. 1992. Developing alternative forest cutting patterns: a simulation approach. *Landscape Ecology*, **8**(1): 63-75.

LUBCHENCO, J., OLSON, A.M., BRUBAKER, L.B., CARPENTER, S.R., HOLLAND, M.M., HUBBELL, S.P., LEVIN, S.A., MACMAHON, J.A., MATSON, P.A., MELILLO, M.M., MOONEY, H.A., PETERSON,

C.H., PULLIAM, H.R., REAL, L.A., REGAL, P.J. & RISSER, P.G. 1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology*, **72**: 371-412.

MARTÍN, M.I. 1995. La mutación del paisaje en la sierra de Ávila: de los usos agrarios al abandono. In: DOMÍNGUEZ, M.R. & LÓPEZ, A.T. (Coords.). *La conservación del paisaje rural. Nuestros sistemas agrarios tradicionales: valores, problemática y futuro*. Actas de las VIII Jornadas sobre el paisaje. Segovia. 285 pp.

MARTÍNEZ PÉREZ, J.E. 1999. *Modelización de parámetros climáticos para la estimación de la distribución potencial de la vegetación, natural y cultivos, en La Vall de Gallinera (Alicante), mediante la utilización de un SIG*. Tesis de licenciatura. Universidad de Alicante. 148 pp.

NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A.S. 1984. *Landscape ecology: theory and application*. Springer-Verlag. New York. 358 pp.

PARDO, I. 2000. *Estudio sobre la función de los márgenes en la conservación de la biodiversidad en sistemas agrícolas aterrazados. Caso de estudio: la Vall de Gallinera (Alicante)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Alicante.

PREISS, E., MARTIN, J.L. & DEBUSSCHE, M. 1997. *Rural depopulation and recent landscape changes in a Mediterranean region: consequences to the breeding avifauna*.

PULLIAM, H.R. 1988. Sources, sinks and population regulation. *The American Naturalist*, **132**: 652-661.

RIPPLE, W.J., BRADSHAW, G.A. & SPIES, T.A. 1991. Measuring forest landscape patterns in the Cascade Range of Oregon, USA. *Biological Conservation*, **57**: 73-88.

ROSENFELD, G.H. & FITZPATRICK-LINS, K. 1986. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **52**(2): 223-227.

SÁNCHEZ, J. 1995. Paisaje agrario tradicional: un elemento clave en la pluriactividad de la montaña mediterránea. In: DOMÍNGUEZ, M.R. & LÓPEZ, A.T. (Coords.) *La conservación del paisaje rural. Nuestros sistemas agrarios tradicionales: valores, problemática y futuro*. Actas de las VIII Jornadas sobre el paisaje. Segovia. 285 pp.

SKOLE, D. & TUCKER, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*, **26**: 1905-1910.

TANS, P.P., FUNG, I.Y. & TAKAHASHI, T. 1990. Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science*, **247**: 1431-1438.

WALLIN, D.O., SWANSON, F.J. & MARKS, B. 1994. Landscape pattern response to changes in pattern generation rules: land-use legacies in forestry. *Ecological Applications*, **4**(3): 569-580.

ZHENG, D., WALLIN, D.O. & HAO, Z. 1997. Rates and patterns of landscape change between 1972 and 1988 in the Changbai Mountain area of China and North Korea. *Landscape Ecology*, **12**: 241-254.

Imagen 1.- Dinámica del abandono por tramos temporales en Vall de Gallinera, en una imagen tridimensional en la que se incluyen los cultivos aterrazados actuales.

Imagen 2.- Mapa de distribución de los usos del territorio en Vall de Gallinera extraídos a partir del vuelo de 1956.

Imagen 3.- Mapa de distribución de los usos del territorio en Vall de Gallinera extraídos a partir del vuelo de 1998.

Mediterránea
Serie de estudios biológicos (2000)

* Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

1 Trabajo que se realiza dentro del Proyecto AMB96-1059, financiado por la CICYT.