Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible
Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá, 2000: 381-401.

Límites y Aportaciones de los Sistemas de Información Geográfica para Trazar la Dinámica Espacio-Temporal del Paisaje en Áreas Montañosas Mediterráneas

Camacho Olmedo, María Teresa
Paegelow, Martín
Menor Toribio, José.
Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Granada
Laboratorio GEODE. Universidad de Toulouse Le Mirail

1. Presentación y objetivos

Después de un largo período de intensificación en la explotación de los recursos, los ámbitos montañosos mediterráneos se han visto afectados por una profunda reorganización socio-económica caracterizada por el éxodo rural y el retroceso de las actividades agro-pastorales tradicionales, procesos que han configurado un nuevo paisaje. Esta evolución se manifiesta en la distribución de los tipos de ocupación del suelo, indicadores de la dinámica paisajística. Trazar el pasado más reciente de la montaña mediterránea, cartografiando esta ocupación, plantea problemas ligados intrínsecamente a la naturaleza de la información geográfica y a su diversidad espacio-temporal. Estos obstáculos se manifiestan, por ejemplo, en la evolución no lineal de sistemas complejos y abiertos, en la limitada disponibilidad de datos sobre los estados de estos sistemas en el tiempo, en la heterogeneidad del tipo de información y, sobre todo, en la correspondencia aleatoria entre los estados conocidos y bien documentados, y aquellos momentos claves en la evolución de los distintos ámbitos geográficos. En consecuencia, la consideración del factor tiempo dentro de una dimensión espacial se nos muestra notablemente compleja dentro de los procesos de análisis de interpolación temporal en general y de la detección de ritmos en particular.

Estas dificultades en la aproximación temporal de los fenómenos espaciales se verán plasmadas en el estudio de la ocupación del suelo de dos valles que tienen características geográficas comparables aunque presenten comportamientos específicos ligados especialmente al tipo y velocidad de la evolución y al modelo de reconversión económica. Estas diferencias, unidas a otras de índole metodológica, como es la naturaleza de los datos disponibles, han impulsado un planteamiento analítico en cierto modo propio a cada zona.

El análisis comparativo de la dinámica de estos dos ámbitos se basa en el empleo de un Sistema de Información Geográfica, herramienta ya utilizada con éxito para los estudios evolutivos (Castro y García, 1993: Comas, 1992; Palacios Morera, 1994; Otero, 1993). Esta elección implica una serie de limitaciones ligadas a la consideración tan sólo de datos que presenten una distribución espacial y que además lo sean a escalas compatibles, y a la integración aproximativa del factor tiempo en los SIG disponibles. Las ventajas consisten en la posibilidad de cuantificar los fenómenos observados, de visualizarlos (en dos y tres dimensiones) y de poner en relación las dinámicas detectadas y los factores y variables del medio en el que se desarrollan. Teniendo en cuenta estos objetivos, y a pesar de haber empleado un SIG vectorial para la configuración de la base de datos y para algunas funciones concretas de análisis (Camacho y Menor, 1997; Camacho, 1998), ha parecido más conveniente la utilización de un SIG en formato ráster, en concreto el SIG Idrisi en su versión 2 para Windows, para la aproximación comparativa espacio-temporal.

2. Metodología de análisis espacio-temporal mediante un SIG ráster

	GARROTXES	POQUEIRA
Fechas de los mapas de usos del suelo	1826, 1942, 1962, 1995	1957, 1974, 1994
Leyenda de los mapas de usos del suelo	Bosque, matorral, pastizales, prados, cultivos, áreas urbanas	Vegetación de ribera, Pinares de repoblación, matorral oromediterráneo (piornal), matorral mesomediterráneo, pastizal crioromediterráneo, mosaico de cultivos de regadío/secano, cultivos herbáceos de regadío, Idem en semiabandono, cultivos herbáceos/arbóreos de regadío, Idem en semiabandono, cultivos abandonados, áreas urbanas
Otras variables de la base de datos	Altitud, pendiente, exposición, distancia a los núcleos de población, a las vías de comunicación y a los caminos en 1826, límites administrativos, geología, terrazas de cultivo	Altitud, pendiente, exposición, distancia a los núcleos de población, a las unidades de hábitat disperso y a las vías de comunicación, límites administrativos, unidades litológicas, geomorfológicas y edafológicas, vegetación potencial, terrazas de cultivo

Tabla nº1 - Elementos descriptivos de la base de datos espacial

Los elementos descriptivos de la base de datos espacial aparecen listados en la Tabla nº1. Las leyendas de los mapas de usos del suelo son propias a cada una de las áreas de estudio, hecho motivado por las fuentes disponibles y la dinámica específica de cada ámbito. De esta manera, la cartografía de usos del suelo de los Garrotxes, basada en el Catastro Napoleónico y en la interpretación de tres series de fotografías aéreas, reflejan la componente fisionómica de la vegetación, teniendo en cuenta la rápida dinámica que la caracteriza. Por su parte, la cartografía del valle de Poqueira se apoya en un mapa de usos del suelo ya existente (Jiménez Olivencia, 1991), que ha sido actualizado y completado para fechas precedentes mediante la interpretación de fotogramas aéreos. El carácter más estático de esta leyenda se adecua al ritmo más lento de la dinámica vegetal que, de hecho, no constituye un indicador unívoco de los cambios acaecidos en los usos del suelo.

Tras la superposición de las diferentes cartografías de usos del suelo, la constitución de una base de datos relacional reagrupando todos los cambios acaecidos durante el período tratado, permite el análisis en diferentes etapas y la caracterización de estas dinámicas en función de los factores del medio. Sobre la base de 3 o 4 fechas documentadas en cada área, la consideración del factor tiempo en el análisis geográfico conduce a las siguientes posibilidades de análisis:

- ✓ análisis de las dinámicas por períodos
- ✓ análisis de las dinámicas englobando todos los períodos
- ✓ análisis por categorías de usos del suelo a través del tiempo

Los resultados así generados pueden ser sintetizados en cartografías que indiquen el número de cambios, la tendencia de los mismos o las cifras evolutivas[1]. Por otra parte, el cálculo de la velocidad de la evolución, realizado para homogeneizar el muestreo temporal, se presenta como uno de los procesos más discutibles debido a las dificultades de ponderación cuantitativa de las variables que están ligadas al contexto socioeconómico y técnico, contexto que se ve igualmente sometido a un proceso de cambio.

Además de los aspectos puramente analíticos de la metodología, e incluyendo la utilización de programas de visualización (VOLUMM4) o de presentación de imágenes (PowerPoint), los datos y formatos digitales, en general, y las imágenes de síntesis, en particular, permiten una interpretación visual del factor tiempo en el análisis espacial. Este es el caso de las series encadenadas de imágenes, la representación de cartografías en tres dimensiones a partir de un Modelo Digital del Terreno, los recorridos virtuales en un medio restituido digitalmente en una fecha dada o incluso la representación consecutiva de diversos recorridos en el tiempo. Estas formas de tener en cuenta el factor temporal, basadas tan sólo en impresiones, memorización y comparaciones visuales, son complementarias a los procedimientos analíticos planteados previamente.

Con posterioridad a esta fase de estudio de la dinámica, se han puesto en relación las principales categorías evolutivas de usos del suelo con el resto de las variables de la base de datos. El análisis se basa en dos planteamientos complementarios: el índice de correlación (basado en el Análisis en Componentes Principales, ACP) y la consulta SQL de las dinámicas indicadas. Las representaciones en 3D permiten, por último, plasmar visualmente la relación entre las principales tendencias evolutivas y los factores que mayor influencia han tenido en dichos procesos de cambio paisajístico.

[1] Estos dos últimos tratamientos necesitan clasificar las categorías de usos del suelo a partir de una escala ordinal

3. Características generales de los Garrotxes y del Valle de Poqueira

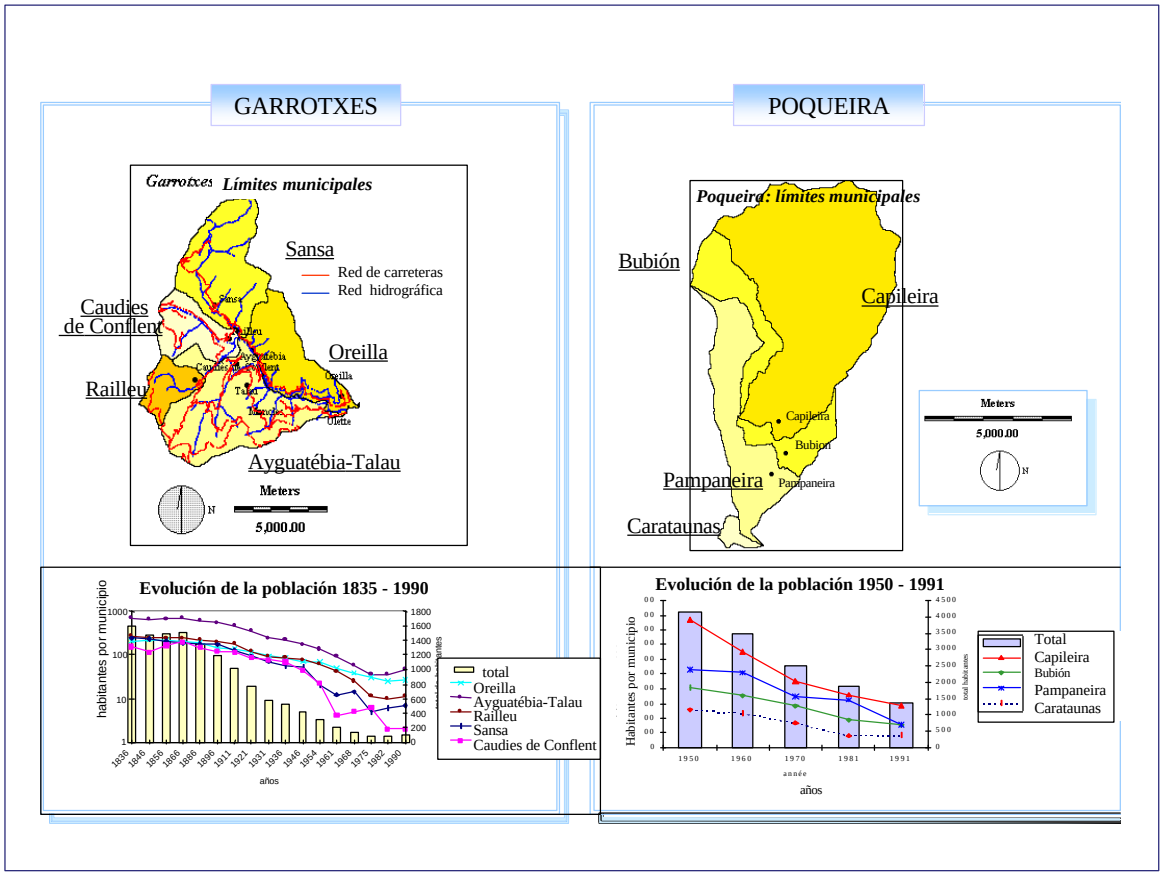


Figura nº1 - Límites municipales y evolución de la población de las áreas de estudio

La cuenca de los Garrotxes se sitúa en el Haut-Conflent, en la vertiente meridional del macizo de Madrès, lo que la incluye en los Pirineos Orientales franceses, entre la Cerdaña, el Capcir y el valle del Têt. El significado del topónimo catalán Garrotxes alude a las características de esta zona: una tierra ruda, pobre, rocosa, de acceso difícil y de fuertes pendientes. La orilla derecha del río Cabrils (afluente del Têt), que drena este valle, muestra un relieve alomado sobre granito cubierto por los más importantes bosques de pinos (Pinus uncinata) de la zona y por una agricultura marginal sobre terrazas. La orilla izquierda, sobre esquistos, presenta fuertes pendientes y es el dominio de extensas superficies abandonadas y de pastos. El éxodo rural (el número de habitantes ha descendido en un 94% entre 1826 y 1990) (Figura nº1 y Tabla nº2) ha provocado el abandono progresivo de las terrazas de cultivo, al mismo tiempo que la falta de gestión pastoral conduce a la recolonización de los espacios pastorales por las masas forestales.

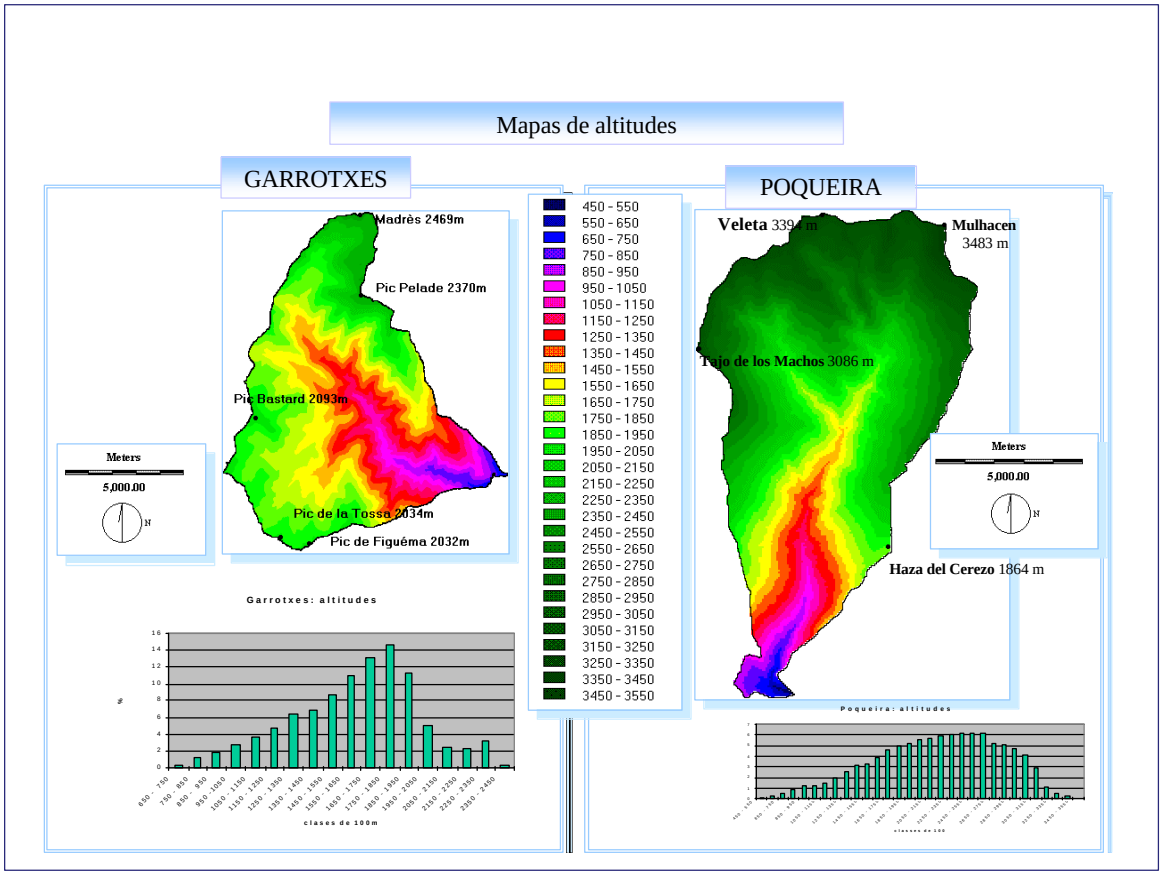


Figura nº2 - Mapas de altitudes (Modelo Digital del Terreno)

Por su parte, el valle de Poqueira se localiza en la solana occidental de Sierra Nevada, en la comarca de las Alpujarras granadinas. Se caracteriza por un fuerte gradiente altitudinal, al extenderse desde las cumbres del Mulhacen y del Veleta en el Norte (con altitudes superiores a los 3.000 metros) hasta la confluencia del río Poqueira y el Guadalfeo, al Sur, a una altitud inferior a los 500 metros (Tabla nº2 y Figura nº2). Sobre un substrato esquistoso, la vegetación natural muestra la diversidad de los dominios bioclimáticos presentes: la vegetación de ribera, el encinar y el matorral de las bajas vertientes contrastan con el matorral de piornos y los pastizales de alta montaña. Las repoblaciones de coníferas hicieron su aparición a partir de los años 50, ocupando áreas de cultivos abandonados y de piornal. Las terrazas de cultivos y la red de acequias, de procedencia árabe, han soportado tradicionalmente una agricultura intensiva de regadío, que hoy está restringida a las vegas que rodean los núcleos de población. En los últimos cincuenta años se ha asistido de hecho al abandono progresivo de las actividades agrícolas y la reestructuración de la ganadería, con la disminución de la cabaña existente. Esta dinámica se refleja en el propio paisaje (Rodríguez y Jiménez, 1994; García Martínez, 1999), a pesar de que éste se ve afectado por una inercia mucho más acusada que en el caso de los Garrotxes.

Variable	GARROTXES	POQUEIRA
Superficie total (en hectáreas)	8570	9015
Altitud máxima (en metros)	650-2469	475-3492
Número de habitantes al principio y final del período analizado	1598-94	3483-1363
Número de términos municipales	5	4

Tabla nº2 - Características de las áreas de estudio

4. Dinámica de los usos del suelo mediante un SIG

4.1. Series cronológicas de mapas de usos del suelo. Aproximación visual y estadística

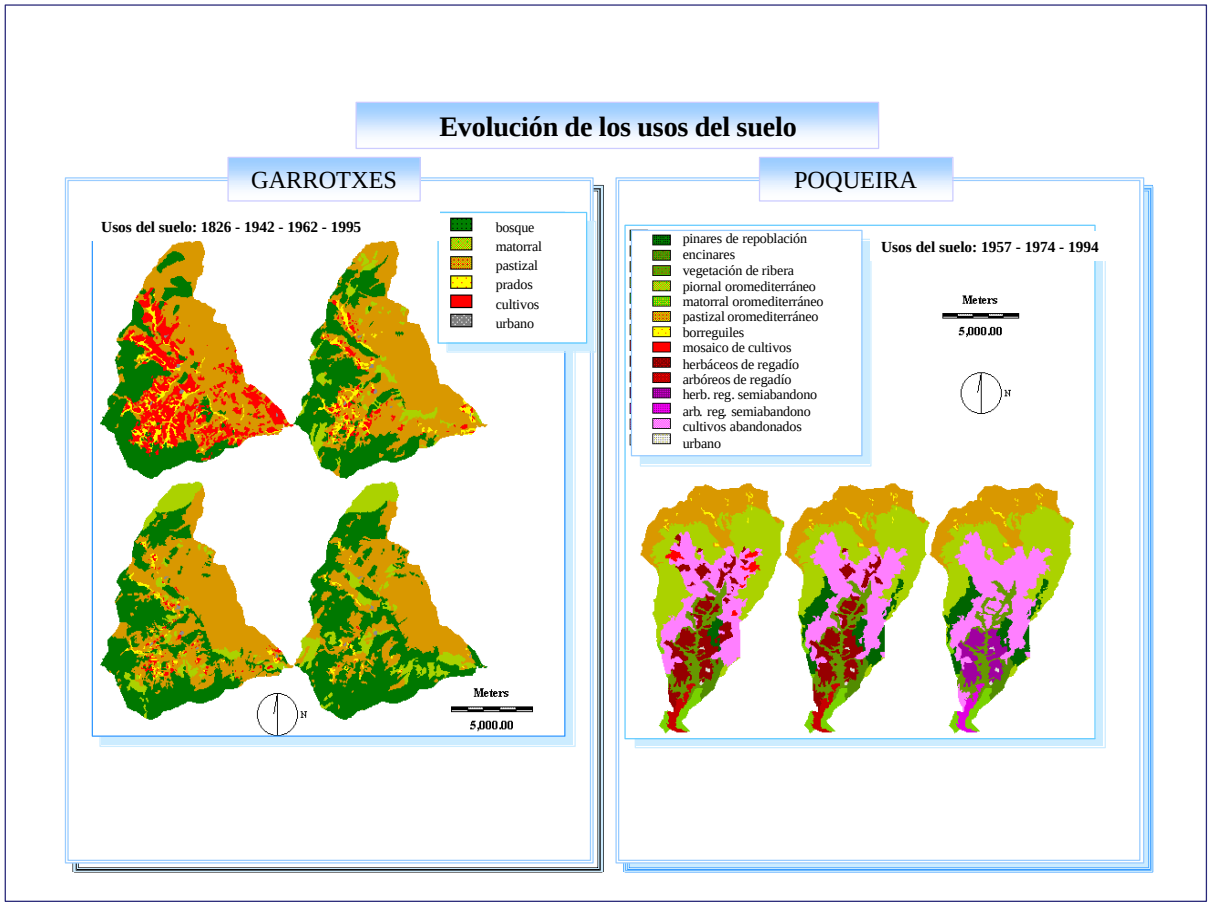
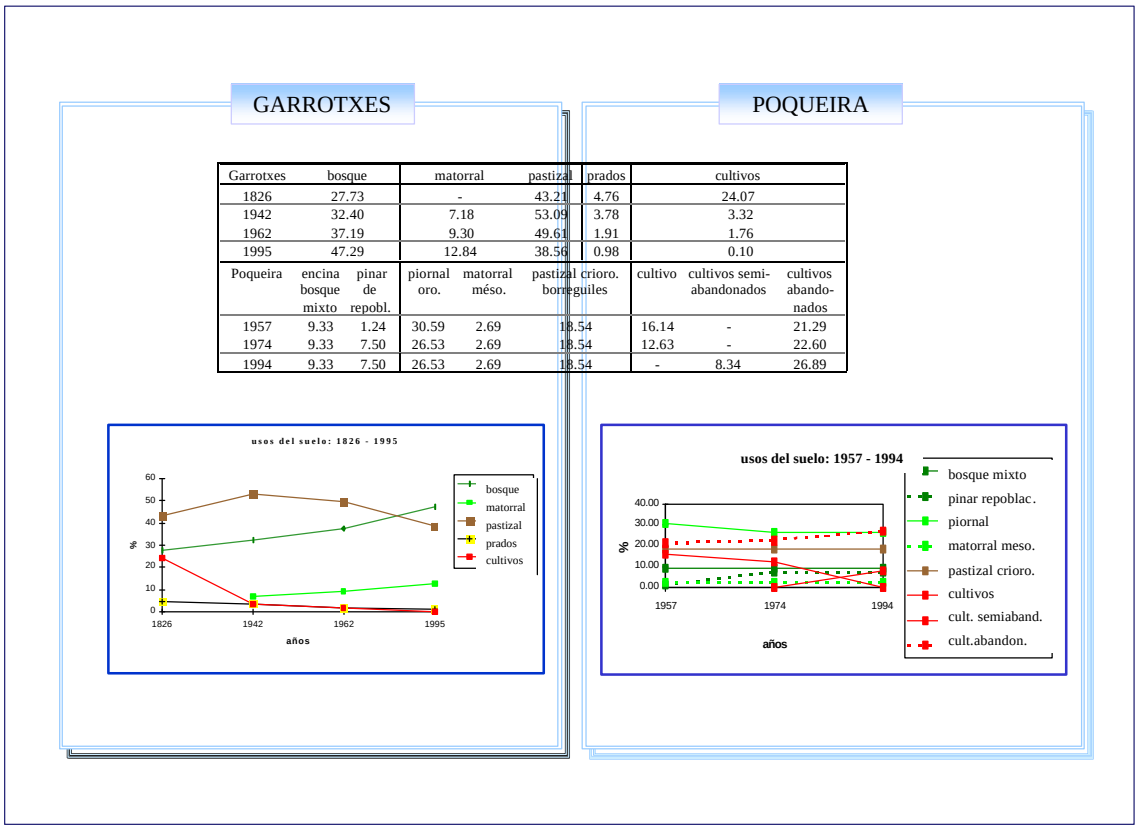


Figura nº3 - Series cronológicas de mapas de usos del suelo

La constitución de una serie cronológica de mapas de usos del suelo muestra ya una primera impresión de la dinámica del paisaje en los ámbitos de estudio. Como se indicó previamente, diversas técnicas y programas de visualización complementan los estudios analíticos para hacer hincapié en la aproximación meramente visual del factor tiempo. Los mapas de usos del suelo de fechas sucesivas, representados en la Figura nº3, o la concatenación visual de la serie cronológica para cada una de las áreas son herramientas útiles para este fin, junto a las representaciones en 3D a partir de Modelos Digitales del Terreno y los consiguientes "recorridos" espacio-temporales.

Por otra parte, las cifras referentes a la superficie ocupada por cada una de las categorías a lo largo de la serie cartografiada, permiten construir las curvas de evolución de los usos del suelo (Figura nº4) y extraer las primeras conclusiones. Así, en los Garrotxes se constata la casi total desaparición de

la agricultura y un cierto retroceso de las áreas de prados2 en beneficio, en una primera etapa, de los pastizales, y después, de las formaciones arbustivas y arbóreas. Se trata de una dinámica clásica caracterizada por un descenso progresivo de las actividades agrícolas y ganaderas y un efecto retardado en el paisaje. En el valle de Poqueira las transformaciones acaecidas entre 1957 y 1994 están ligadas, por una parte, a la política de repoblación del ICONA y, por otra, al abandono total o parcial de las tierras de cultivo (Camacho, Jiménez y Menor, 1996).



Garrotxes	bosque	matorral	pastizal	prados	cultivos
1826	27.73	-	43.21	4.76	24.07
1942	32.40	7.18	53.09	3.78	3.32
1962	37.19	9.30	49.61	1.91	1.76
1995	47.29	12.84	38.56	0.98	0.10

Poqueira	encina bosque mixto	pinar de repobl.	piornal oro.	matorral méso.	pastizal crioro. borreguiles	cultivo	cultivos semi-abandonados	cultivos abando-nados
1957	9.33	1.24	30.59	2.69	18.54	16.14	-	21.29
1974	9.33	7.50	26.53	2.69	18.54	12.63	-	22.60
1994	9.33	7.50	26.53	2.69	18.54	-	8.34	26.89

Figura nº4 - Evolución de los usos del suelo (%)

4.2. Aproximación analítica: evolución por períodos

El análisis de la dinámica de los usos del suelo por períodos da como resultado una serie de cartografías evolutivas (tres en el caso de los Garrotxes, dos en el valle de Poqueira), en las que se manifiestan aquellas categorías que no han sufrido transformaciones en el período considerado y aquéllas que sí han evolucionado, así como la naturaleza o tendencia de esa evolución y la superficie afectada. Las Figuras nº5 y nº6 son un ejemplo de la citada serie para cada uno de los ámbitos de estudio.

[2] La disminución de la superficie ocupada por los prados exige una aclaración en la utilización de este término. Las 85 has que aún existen en 1995 corresponden a espacios pastorales entretenidos regularmente con una fuerte presencia de gramíneas. No existen actualmente, por lo tanto, verdaderas extensiones de prados en los Garrotxes.

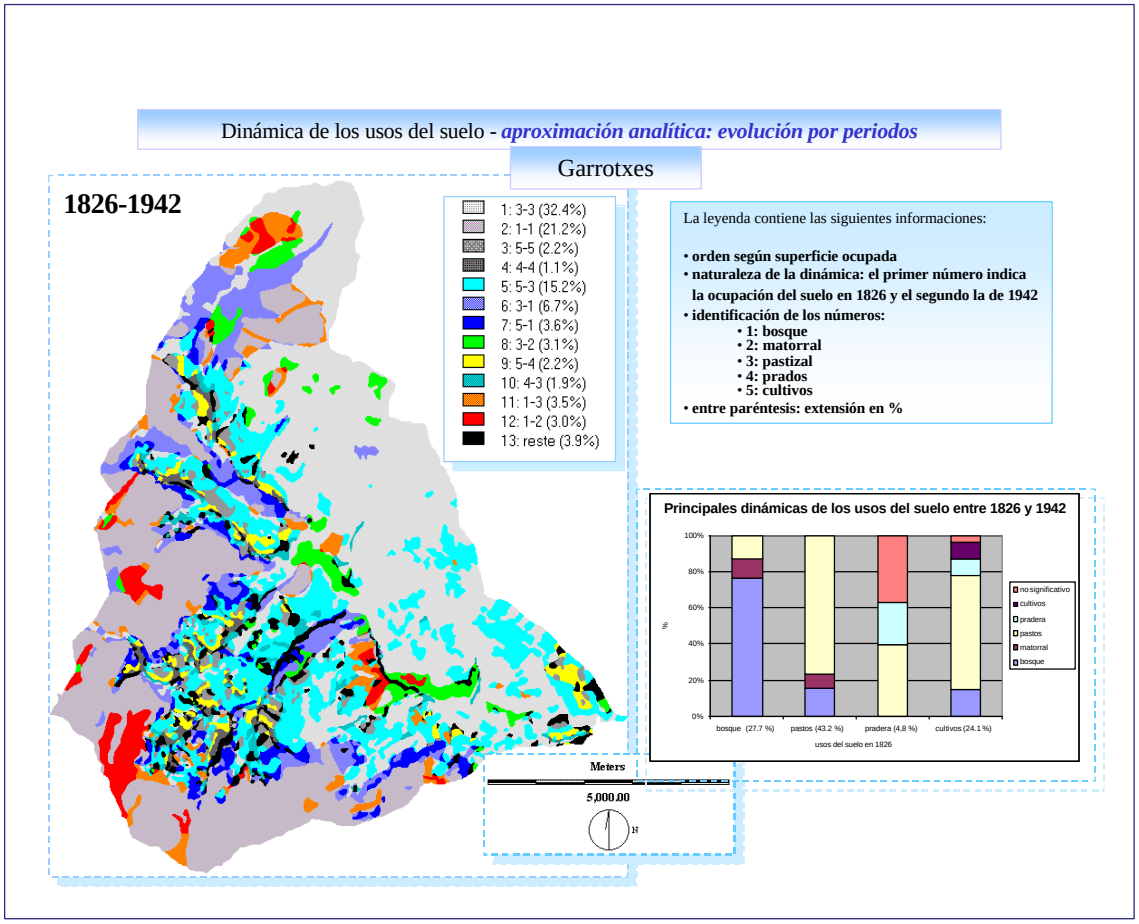


Figura nº5 - Evolución de los usos del suelo de los Garrotxes entre 1826 y 1942

El análisis a este ritmo temporal más detallado, muestra las siguientes tendencias en el caso del valle de los Garrotxes (Moles, 1994; Beltrami, 1996):

- ✓ 1826-1942: un retroceso dramático (86%) de tierras agrícolas, de las que aproximadamente la mitad se transforman en pastos, y el resto en matorral y en áreas arboladas3.

- ✓ 1942-1962: la extensificación afecta durante este período a los pastos. Su superficie comienza a reducirse, especialmente en beneficio de las áreas arboladas.

- ✓ 1962-1995: el bosque aumenta rápidamente en detrimento de los pastizales de alta montaña. Los cultivos y los prados se convierten en actividades marginales. La dinámica futura parece centrarse en una distribución de pastos y de formaciones arbóreas, dependiendo esta tendencia del grado y tipo de gestión (conservación mediante la práctica del "fuego controlado", reagrupamiento ganadero, etc.).

[3] La amplitud del período considerado indica no obstante una transformación sucesiva (prados - pastos - matorral - bosque)

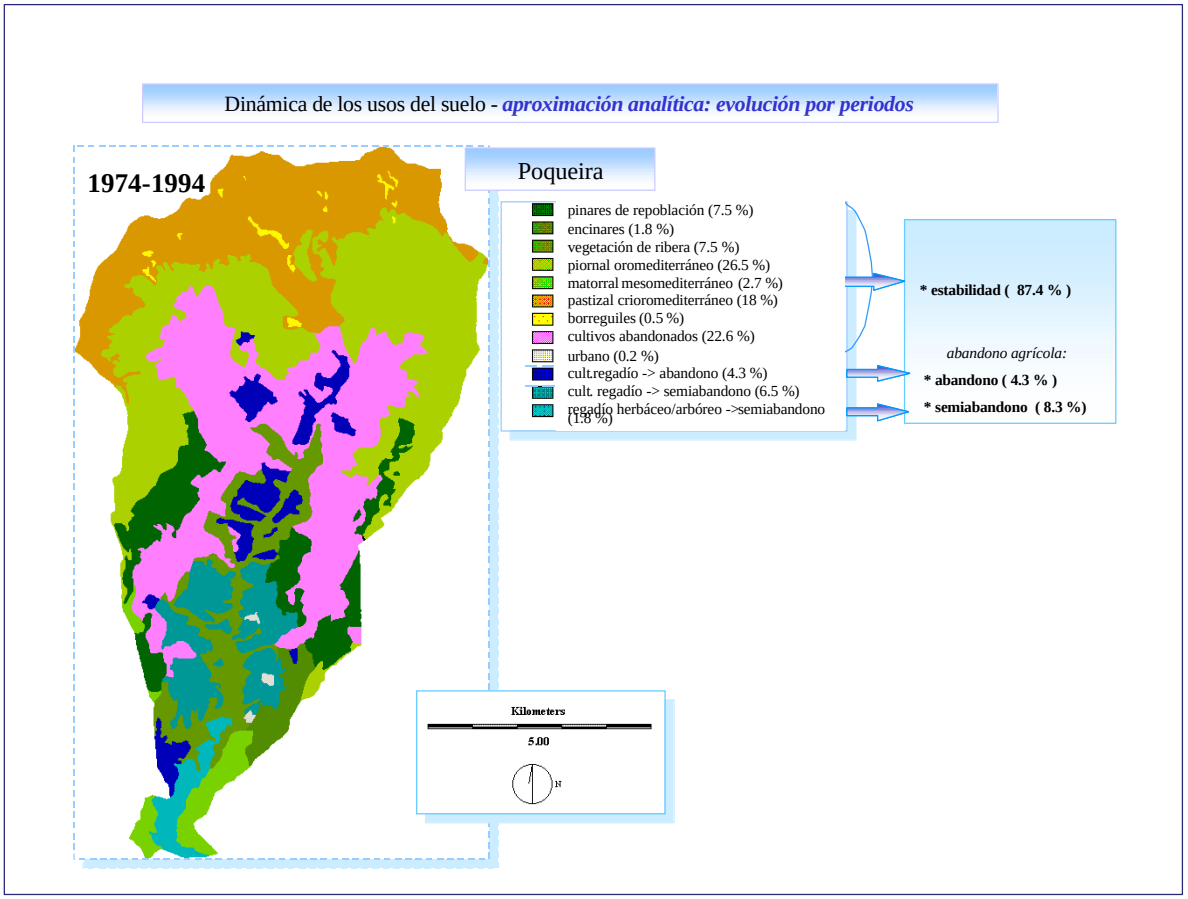


Figura nº6 - Evolución de los usos del suelo en el valle de Poqueira entre 1974 y 1994

En el valle del Poqueira se constatan los siguientes tipos de cambios:

- ✓ 1957-1974: tienen lugar las campañas de repoblación con coníferas y continúa el abandono de la agricultura en la media y alta montaña. Aunque en 1957 existían ya áreas repobladas, es a partir de esta fecha cuando el proceso se hace más presente, transformando antiguos cultivos y áreas de matorral (piornal). Paralelamente, el abandono de parcelas de regadío o del llamado regadío de sierra, situadas en las vertientes más elevadas e inaccesibles, se generaliza.

- ✓ 1974-1994: el proceso de retroceso agrícola se acelera. En 1994 no subsisten sino parcelas agrícolas semi-abandonadas. Situadas cerca de los núcleos de población de la cuenca, estas áreas constituyen mosaicos de terrazas cultivadas y de terrazas abandonadas, o bien se trata de parcelas que reciben tan sólo esporádicamente ciertos trabajos de mantenimiento.

4.3. Aproximación analítica: evolución global

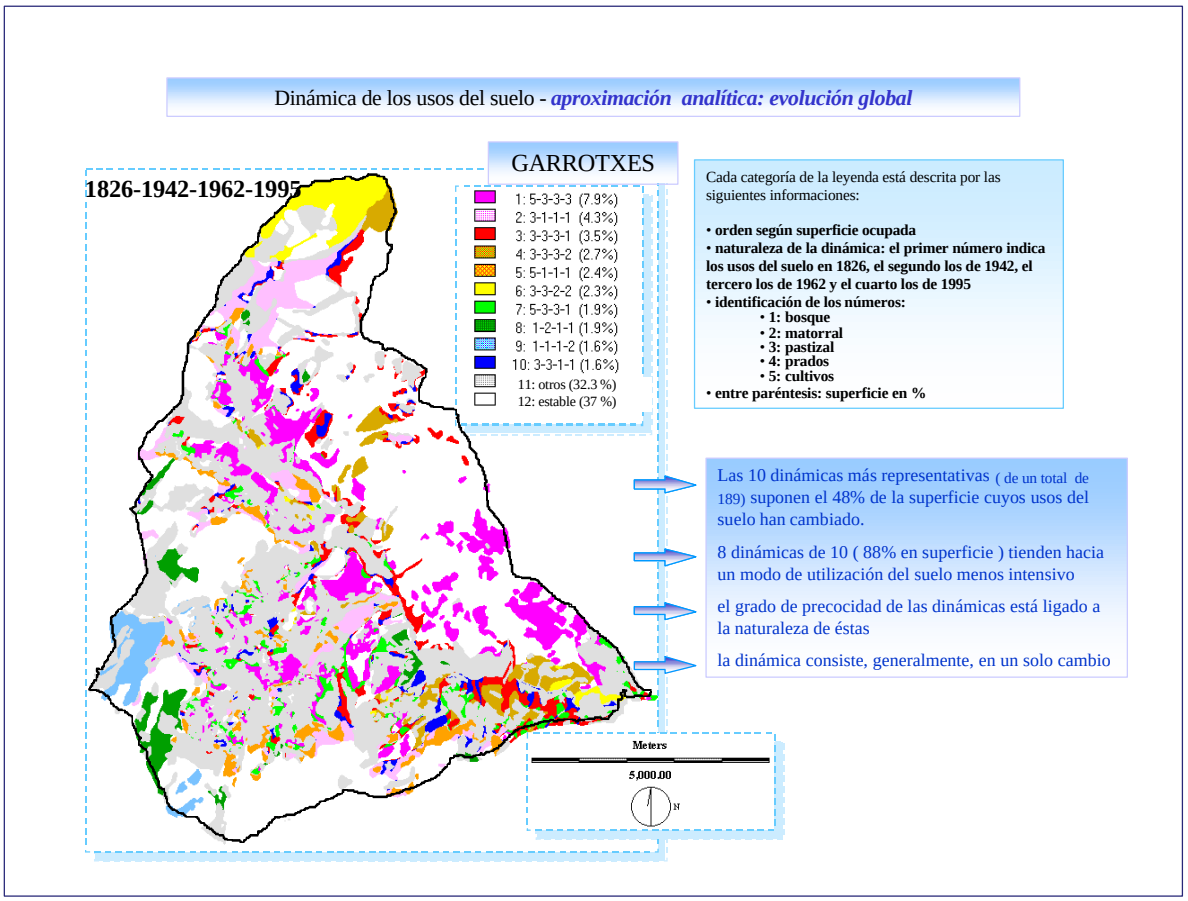


Figura nº7 - Evolución de los usos del suelo en los Garrotxes (1826-1942-1962-1995)

Tomando en consideración el conjunto de los períodos analizados, los diez tipos de dinámicas (a partir de un total de 189) más representativas en función de la superficie ocupada en los Garrotxes se presentan en la Figura nº7. Su superficie (30.3% del total de la cuenca), supone la mitad de las áreas que han sufrido alguna transformación, confirmándose el grado de precocidad analizado en los períodos descritos. Ocho de las diez dinámicas muestran una tendencia hacia la extensificación agrícola y ganadera. La mayor parte de las dinámicas consisten en un solo tipo de cambio de uso del suelo y, frente a ellas, un 37.4% de la superficie de la cuenca no ha sufrido ningún tipo de cambio de uso del suelo.

En el valle de Poqueira, 42.8% de la superficie total evoluciona entre 1957 y 1994 (Figura nº8). Mientras las formaciones de los pisos crioro y oromediterráneos se mantienen estables (al margen de las repoblaciones), las zonas afectadas por cambios presentan un aspecto aureolar en relación al talweg principal, concentrándose en torno a las antiguas terrazas de cultivo (Camacho, Jiménez y Menor, 1996).

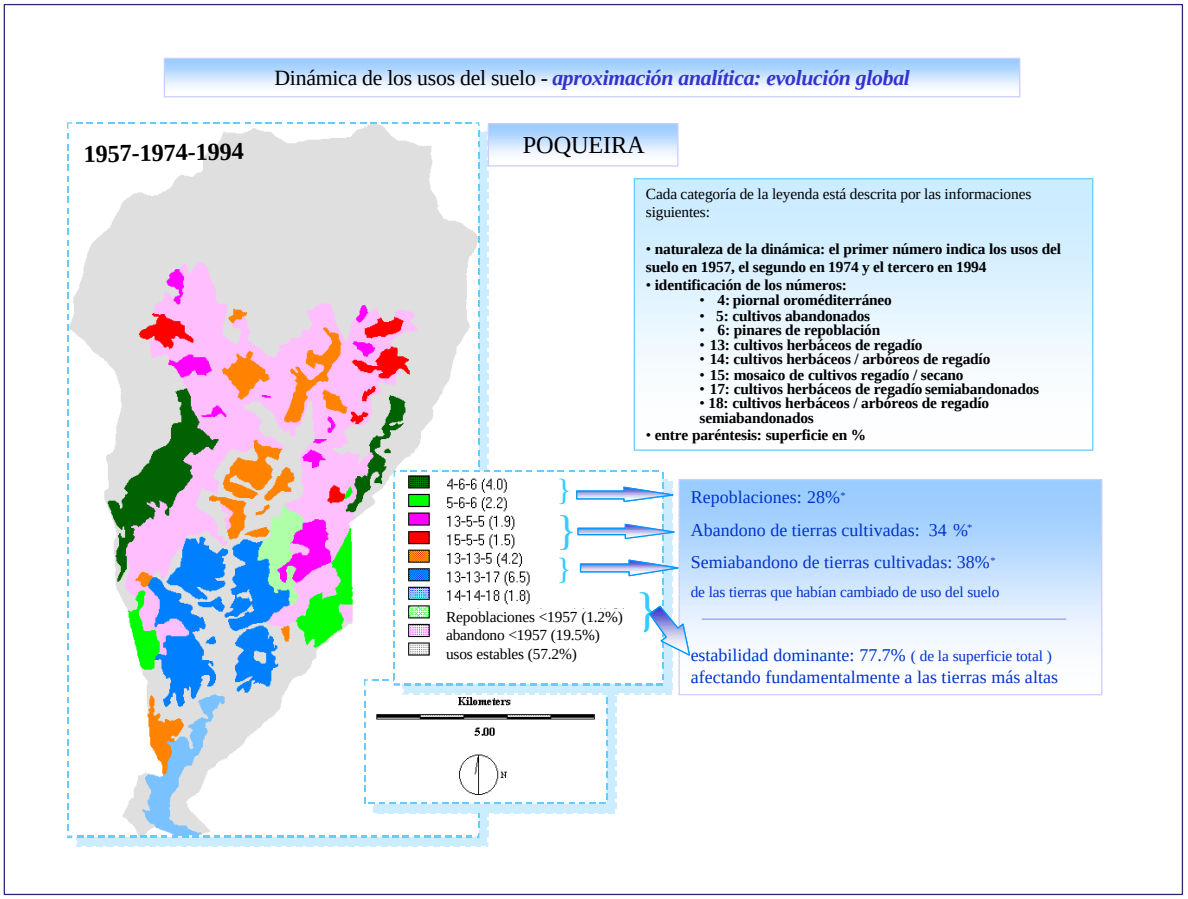


Figura nº8 - Evolución de los usos del suelo en el valle de Poqueira (1957-1974-1994)

4.4. Aproximación analítica: evolución por categorías de usos del suelo

La aproximación analítica a la dinámica paisajística puede completarse con la plasmación cartográfica del devenir en el tiempo de cada uno de los tipos o categorías de usos del suelo, es decir, del conjunto de transformaciones que han sufrido desde el inicio del conjunto de períodos analizados.

La Figura nº9 muestra, a modo de ejemplo, el tipo de dinámica más representativa del valle de los Garrotxes: el drástico retroceso de la agricultura. A partir de las áreas cultivadas en 1826, se muestran los 10 tipos de transformación más significativos en relación con la superficie afectada, de los cuales 9 se producen en el período 1826-1942, confirmando la precocidad del abandono agrícola de esta área. La evolución tiende hacia la formación de pastos, que hasta 1995 se van transformando progresivamente en matorral o bosques. En un 2.8% de la superficie total de la cuenca se muestra una evolución más rápida de áreas cultivadas a formaciones boscosas entre 1826 y 1942, aunque es necesario matizar esta afirmación teniendo en cuenta la amplitud del período considerado.

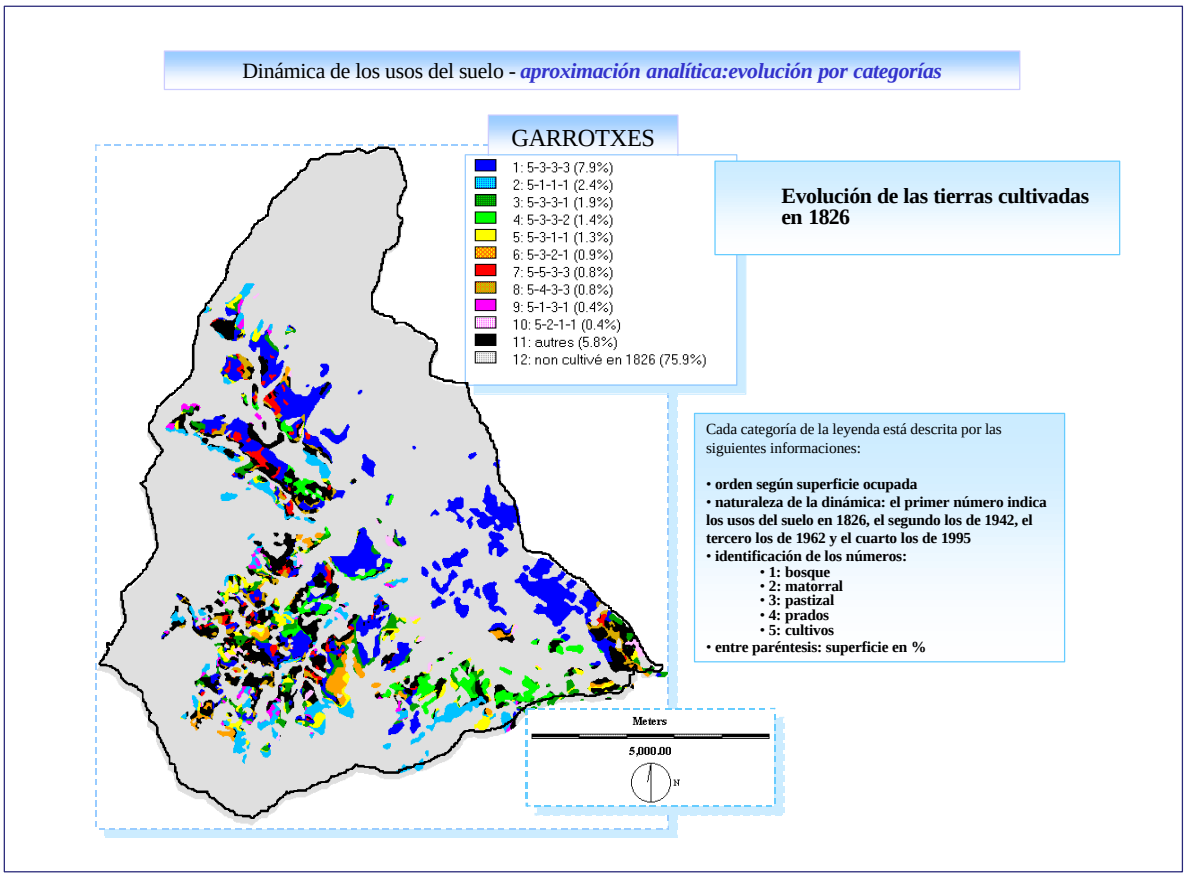


Figura nº9 - Evolución de las tierras cultivadas en 1826 en los Garrotxes

4.5. Aproximación global: número de cambios, balance evolutivo y tendencias

La aproximación global a la dinámica de los usos del suelo puede abordarse mediante una serie de cartografías de síntesis. En la Figura nº10 se representa el número total de transformaciones de uso del suelo que una misma unidad espacial ha sufrido a lo largo de los períodos considerados. Dado el carácter más estático de la leyenda de usos del suelo del valle de Poqueira, así como el menor número de estados cartografiados, la cartografía resultante muestra tan sólo un único cambio de las áreas dinámicas, ligado a las campañas de repoblación forestal o bien al proceso de abandono o semi-abandono de las áreas agrícolas. En el caso del valle de los Garrotxes, el número de cambios de una misma unidad espacial puede llegar a tres (ya sea por un proceso progresivo de regeneración vegetal desde el abandono, o bien por la ruptura de esa progresión por incendios), aunque predomina una sola transformación.

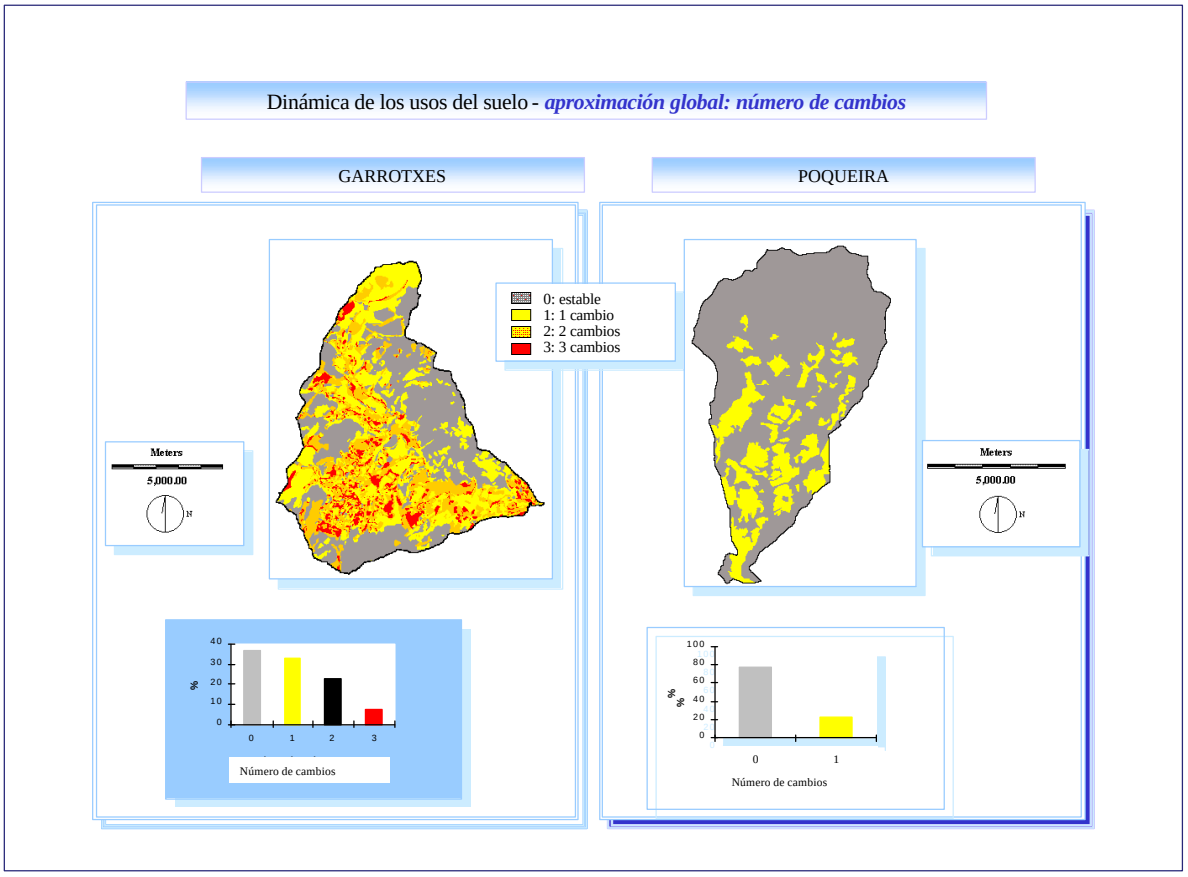


Figura nº10 - Mapas del número de transformaciones de usos del suelo

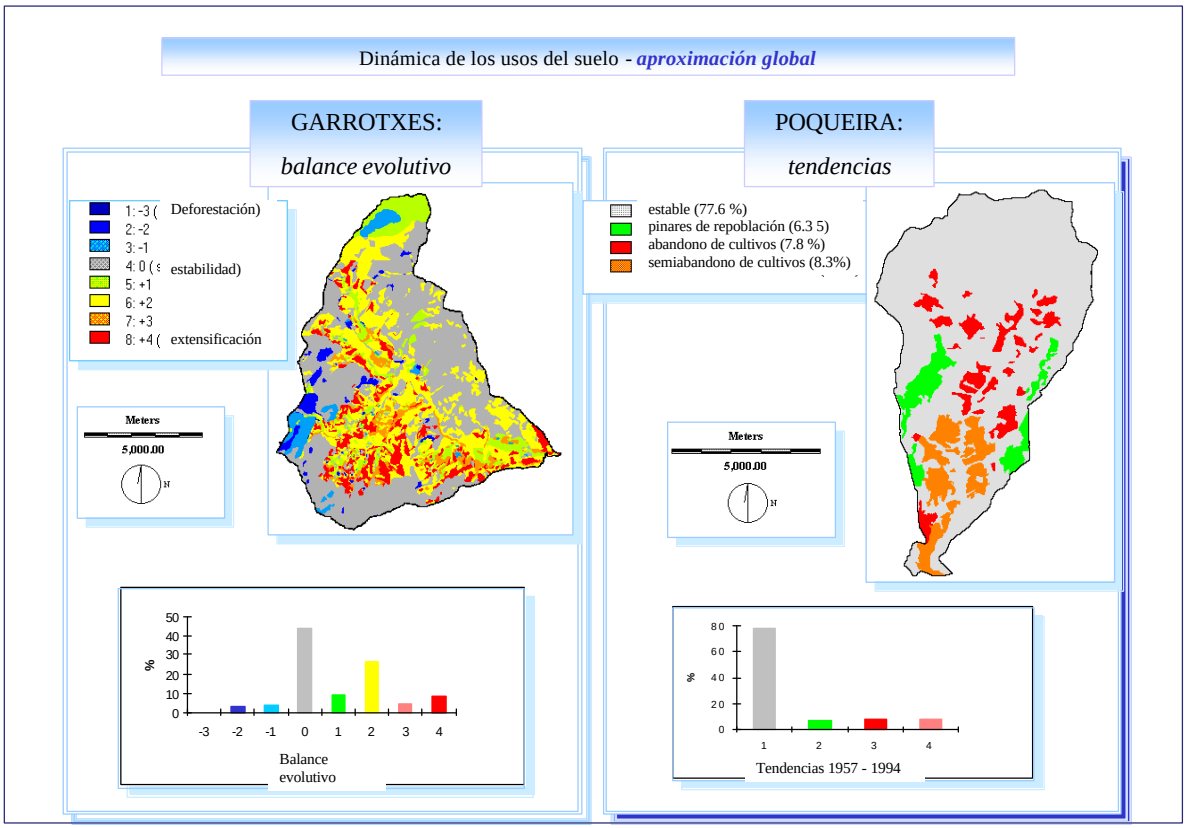


Figura nº11 - Mapas del balance evolutivo y de las tendencias de la evolución

El análisis global se completa con la cartografía de las tendencias de evolución y la cartografía del balance evolutivo, representadas respectivamente para el valle de Poqueira y de Garrotxes en la Figura nº11. La primera de ellas destaca los tres procesos que han protagonizado la dinámica paisajística del valle así como la superficie proporcional afectada. La cartografía del balance evolutivo de los Garrotxes, por su parte, clasifica las transformaciones entre aquellas que tienden a la deforestación (regresión de los estadíos de vegetación natural) y aquellas que suponen un proceso de extensificación o reforestación (progresión), partiendo de una escala ordinal (cultivos - pastos - prados - matorral - bosque). En ella se confirma, al margen de las grandes superficies afectadas por el fuego, la tendencia generalizada hacia un uso menos intensivo del suelo y hacia una regeneración natural de la vegetación.

5. Factores descriptivos y explicativos de la dinámica paisajística

Como primera conclusión de la caracterización de la dinámica de los usos del suelo mediante su grado de relación con los factores del medio incluidos como variables de la base de datos espacial, hay que indicar que se ha constatado un mayor peso de los parámetros de índole física y topográfica y de la accesibilidad, hecho determinado en gran medida por las escalas espaciales y el tipo de unidades utilizadas4.

El análisis se ha basado en dos planteamientos complementarios: el índice de correlación obtenido a partir del análisis en componentes principales (ACP) y la consulta SQL de las dinámicas indicadas. En el primero de estos análisis (Figura nº12), en el que se han incluido todas las categorías de la leyenda, se confirma el principio de autocorrelación temporal entre las cartografías de usos del suelo de distintas fechas (entre 0.8 y 0.99). En los Garrotxes se obtienen como resultado coeficientes de correlación elevados (entre 0.6 y 0.8) entre la ocupación del suelo y la altitud, la pendiente, la orientación y la distancia a los núcleos de población. En el caso del valle de Poqueira, son las variables topográficas (principalmente la altitud y la pendiente) las que presentan mayor correlación con respecto al conjunto de los usos del suelo.

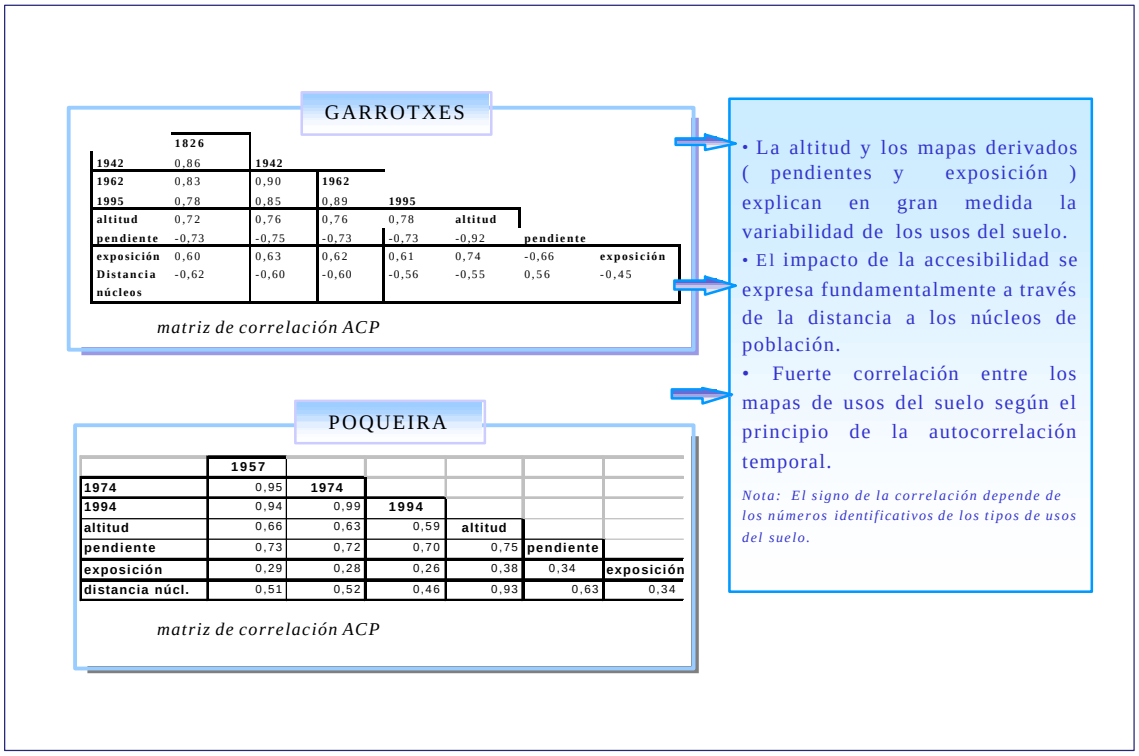
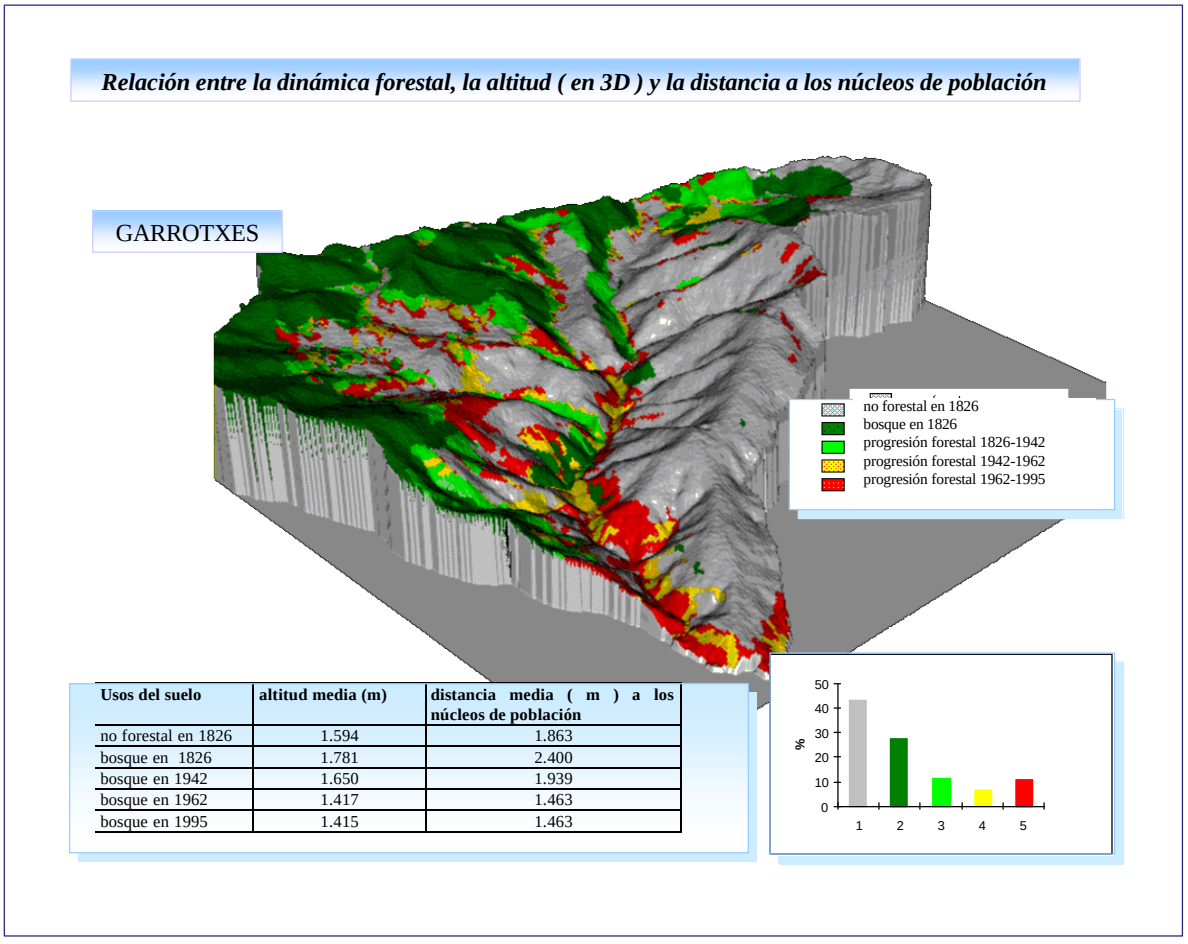


Figura nº12 - Indices de correlación entre los usos del suelo y los factores del medio

[4] La unidad espacial para los datos socio-económicos disponibles es el término municipal, siendo esta unidad incompatible con el resto de la base de datos georreferenciada.

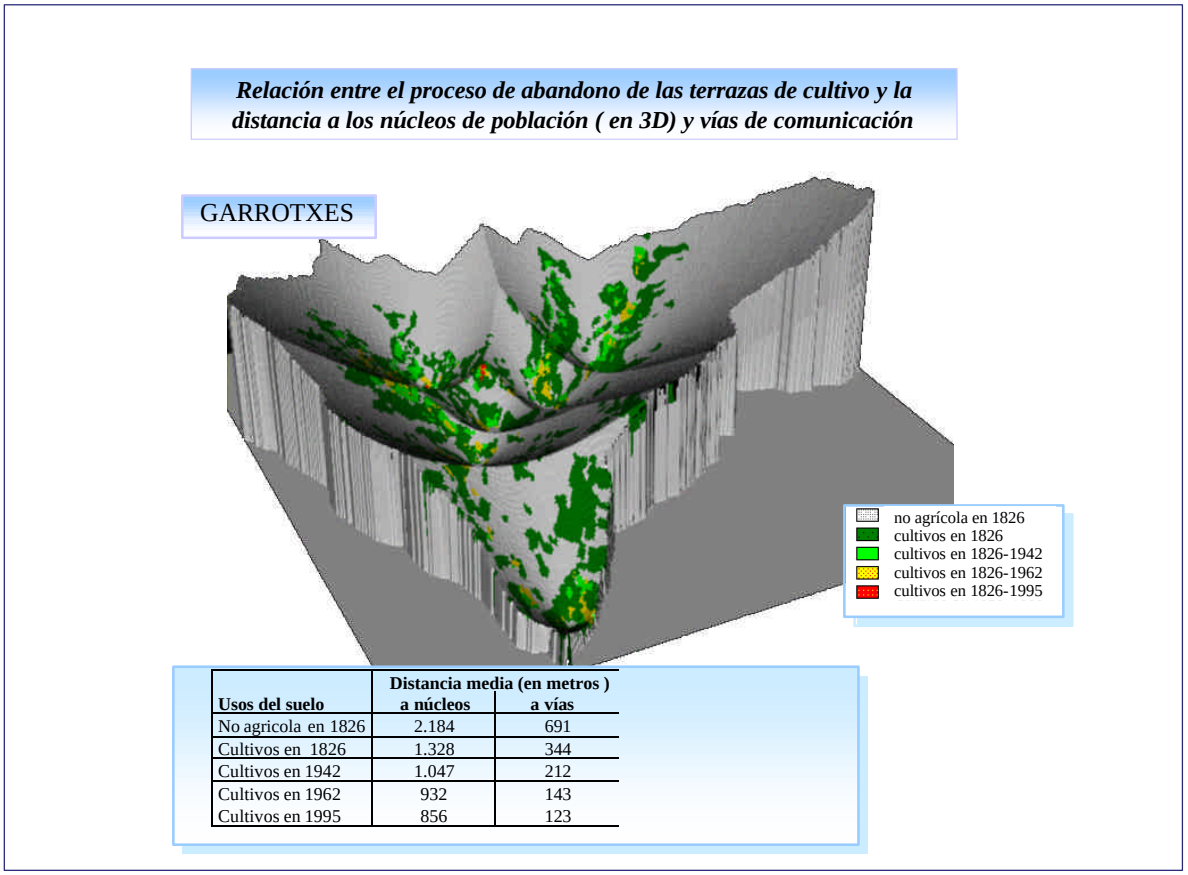
El segundo de los análisis, la interrogación de la base de datos de atributos (consulta SQL) permite una caracterización más precisa según los tipos de dinámicas. De esta manera, se pueden cuantificar los procesos de retroceso agrícola, de abandono y de semi-abandono en el valle de Poqueira (Camacho y Menor, 1997) o, en el caso de los Garrotxes, de la regeneración espontánea de la vegetación, así como la relación de estos procesos con las distancias medias a los núcleos de población y las vías de comunicación, la existencia de terrazas de cultivo o incluso con su altitud o pendiente media, con el fin de realizar una extrapolación temporal.

Las Figuras nº13 y nº14 representan algunos ejemplos de la consulta realizada a la base de datos relacional del valle de los Garrotxes. La Figura nº13 muestra en 3D, a partir del Modelo Digital del Terreno, la dinámica forestal según las diferentes fechas de regeneración, destacándose que la precocidad de esta progresión es directamente proporcional a la altitud y la distancia a los núcleos de población. En la Figura nº14 el proceso de abandono de las terrazas de cultivo se cartografía en relación con la distancia a las vías de comunicación y a los núcleos de población (que se representa en 3D), mostrándose asímismo que el retroceso agrícola se inicia en aquellas áreas de menor accesibilidad.



Usos del suelo	altitud media (m)	distancia media (m) a los núcleos de población
no forestal en 1826	1.594	1.863
bosque en 1826	1.781	2.400
bosque en 1942	1.650	1.939
bosque en 1962	1.417	1.463
bosque en 1995	1.415	1.463

Figura nº13 - Dinámica forestal de los Garrotxes, altitud (en 3D) y accesibilidad



Usos del suelo	Distancia media (en metros) a núcleos	a vías
No agricola en 1826	2.184	691
Cultivos en 1826	1.328	344
Cultivos en 1942	1.047	212
Cultivos en 1962	932	143
Cultivos en 1995	856	123

Figura nº13 - Abandono agrícola de los Garrotxes, distancia a núcleos de población (en 3D) y distancia a vías de comunicación

En el caso del valle de Poqueira, si bien, como indicábamos anteriormente, algunas variables de la base de datos no presentaban una fuerte correlación con el conjunto de la distribución de los usos del suelo, la consulta (SQL) específica del proceso de abandono de las áreas agrícolas muestra que la precocidad y la intensidad de este retroceso guarda una estrecha relación con la distancia a los núcleos de población y con la altitud, factores que presentaban, por otra parte, un alto índice de correlación. En la Figura nº15 se representan en 3D, a partir del Modelo Digital del Terreno, las distintas etapas de abandono o semiabandono agrícola desde 1957, así como la ubicación de los núcleos de población del valle. En el histograma adjunto se observa cómo las áreas más distantes a estos núcleos, situadas generalmente a mayor altitud, han sido abandonadas masiva y progresivamente desde antes de 1957. En las áreas más cercanas, por el contrario, la agricultura se ha mantenido hasta 1974, fecha a partir de la cual se abandonan algunas terrazas o se mantiene una agricultura esporádica en la mayor parte de ellas, lo que configura un peculiar paisaje en mosaico.

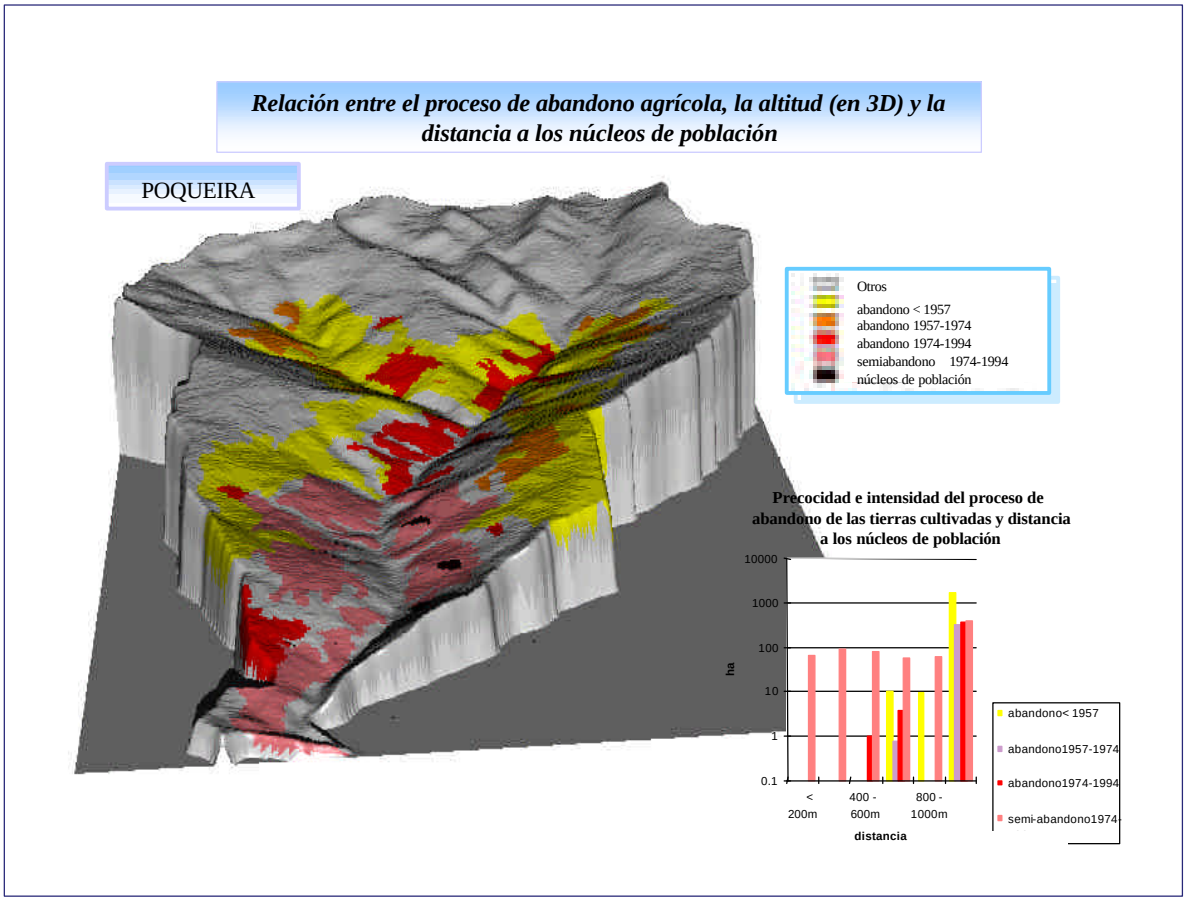


Figura n°15 - Abandono agrícola del valle de Poqueira, altitud (en 3D) y distancia a los núcleos de población

6. Conclusión y perspectivas

La metodología basada en los Sistemas de Información Geográfica se muestra como un útil adecuado para el análisis cuantitativo de la dinámica espacio-temporal del paisaje a partir de los cambios de usos del suelo. Las etapas expuestas en este trabajo han intentado incidir en las posibilidades que los SIG ofrecen respecto a la identificación y la cuantificación de los procesos evolutivos del pasado, así como su caracterización según los parámetros incluidos en una base de datos georreferenciada, para extraer como conclusión una serie de reglas de comportamiento espacio-temporales del paisaje en relación a estas variables.

No obstante, como limitaciones a la metodología aquí expuesta, hay que indicar que la elección de la escala de análisis y del tipo de unidad espacial de referencia han impedido la inclusión e utilización de factores de orden socio-económico, relevantes en los procesos de retroceso agrícola. Por otra parte, la limitación para reconstruir la ocupación del suelo en un mayor número de fechas, así como los problemas de escala para su homogeneización, obstaculizan la extrapolación no sólo temporal sino también espacial.

En relación con lo anterior, la modelización de estados futuros, basada en la aproximación probabilística y en la morfología matemática, que constituye una de las líneas de profundización y ampliación de los estudios de dinámica paisajística mediante SIG, debería crear modelos fiables en forma de escenarios que especifiquen explícitamente las condiciones del medio más determinantes, apoyándose en muestreos temporales y espaciales suficientemente significativos.

6. Bibliografía

Libros

García Martínez, P. (1999): *La transformación del paisaje y la economía rural en la Alta Alpujarra Occidental.* Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Granada.

Jiménez Olivencia, Y. (1991): *Los Paisaje de Sierra Nevada. Cartografía de los sistemas naturales de una montaña mediterránea.* Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

Revistas

Camacho Olmedo, M.T. y Menor Toribio, J. (1997): Posibilidades de análisis y caracterización temporal y espacial mediante un Sistema de Información Geográfica en formato vectorial. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada, nº27,* pp 197-217. Granada.

Palacios Morera, N. (1994): Sistemas de Información Geográfica temporal: aplicación a la evaluación de los cambios medioambientales en el valle medio del Jarama (Madrid). *Mapping,* nº15, pp 29-31. Madrid.

Rodríguez Martínez, F. y Jiménez Olivencia, Y. (1994): De la montaña al desierto. Algunas consecuencias del abandono agrícola en la periferia meridional de Sierra Nevada (España). *Revista Paralelo 37,* nº16, pp 85-94. Almería.

Comunicaciones a Congresos

Camacho Olmedo, M.T., Jiménez Olivencia, Y., Menor Toribio, J. (1996): El abandono agrícola del valle de Poqueira: Sistemas de Información Geográfica y cartografía dinámica de los usos del suelo. *I Conferencia Internacional sobre Sierra Nevada.* Granada.

Camacho Olmedo, M.T. (1998): Caracterización de la evolución de los usos del suelo mediante el Sistema de Información Geográfica ARC/INFO. *VIII Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.* Barcelona.

Castro, R. Y García Abad, J. (1993): Confección de cartografía dinámica de la ocupación del suelo con SIG: municipio de Brea de Tajo. Madrid. *II Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial (AESIGYT),* pp 375-392.

Comas, D. et al. (1992): Evolución de los usos del suelo en la Alta Garrotxa entre 1975-1989. Madrid. *I Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial (AESIGYT),* pp 454-466.

Otero, I. (1993): La aplicación del PC-ARC/INFO. Análisis del cambio paisajístico. *II Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial (AESIGYT),* pp 501-518.

Paegelow, M. y Camacho Olmedo, M.T. (1997): Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol en milieu montagnard méditerranéen. Etude comparative des Garrotxes (Pyrénées Orientales, France) et du Poqueira (Sierra Nevada, Espagne). *Journées de Pirevs. CNRS.* Toulouse (Francia).

Otros

Beltrami, M.A. (1996): *Evolution d'un milieu montagnard par système d'information géographique: les Garrotxes (Pyrénées Orientales).* Memoria de Licenciatura. Universidad de Toulouse Le Mirail. Francia.

Moles, C. (1994): *Système d'information géographique appliqué à l'étude de la dynamique paysagère d'un espace montagnard méditerranéen à l'abandon: le Haut-Conflent (Pyrénées Orientales).* Memoria de Doctorado. Universidad de Toulouse Le Mirail. Francia.

