Documents d'Anàlisi Geogràfica 2012, vol. 58/2 **25-50**

Cambios recientes en el paisaje litoral de la Costa Brava

Carolina Martí Llambrich
Josep Pintó Fusalba
Universitat de Girona. Departament de Geografia
carolina.marti@udg.edu
josep.pinto@udg.edu

CC BY NC

Recepción: mayo de 2011
Aceptación: septiembre de 2011

Resumen

Se ha estudiado la transformación de los paisajes litorales de la Costa Brava a partir del análisis de los cambios acaecidos en los usos del suelo en los últimos cincuenta años, mediante fotointerpretación de contactos y ortoimágenes de tres periodos: 1956, 1980 y 2003. Los resultados obtenidos muestran un aumento considerable del espacio urbanizado, el cual se ha realizado principalmente a expensas del espacio agrícola, mientras que la superficie forestal se ha mantenido prácticamente sin cambios, aunque sí se han alterado su localización espacial y su estructura. El patrón tradicional de núcleos urbanos compactos se ha visto desbordado por la proliferación de urbanizaciones, zonas comerciales y de ocio que se han extendido por el territorio sin seguir a menudo lógica espacial alguna, lo cual ha provocado, junto al desarrollo de las infraestructuras de comunicación, la fragmentación ecológica del mosaico agroforestal característico del antiguo paisaje rural. Para proyectar las tendencias de cambio detectadas y esbozar escenarios futuros, se han aplicado las cadenas de Markov y los autómatas celulares.

Palabras clave: cambio de usos del suelo; leyenda jerárquica; SIG; ecología del paisaje; estructura del paisaje; fragmentación; cadenas de Markov; Costa Brava.

Resum. *Canvis recents en el paisatge litoral de la Costa Brava*

S'ha estudiat la transformació dels paisatges litorals de la Costa Brava a partir de l'anàlisi dels canvis esdevinguts en els usos del sòl en els últims cinquanta anys, mitjançant la fotointerpretació de contactes i ortoimatges de tres períodes: 1956, 1980 i 2003. Els resultats obtinguts mostren un augment considerable de l'espai urbanitzat, produït principalment en detriment de l'espai agrícola, mentre la superfície forestal s'ha mantingut pràcticament sense canvis, tot i que se n'ha alterat la localització espacial i l'estructura. El patró tradicional de nuclis urbans compactes s'ha vist desbordat per la proliferació d'urbanitzacions, zones comercials i d'oci que s'han estès pel territori sense seguir sovint cap lògica espacial, la qual cosa ha provocat, juntament amb el desenvolupament de les infraestructures de comunicació, la fragmentació ecològica del mosaic agroforestal característic de l'antic paisatge rural. Per projectar les tendències de canvi detectades i esbossar escenaris futurs, s'han aplicat les cadenes de Markov i els autòmates cel·lulars.

Paraules clau: canvi d'usos del sòl; llegenda jeràrquica; SIG: ecologia del paisatge; estructura del paisatge; fragmentació; cadenes de Markov; Costa Brava.

001-130 DAG 58-2.indd 25 12/03/2012 10:06:03

Résumé. *Les changements récents dans le littoral de la Costa Brava*

Nous avons étudié la transformation des paysages côtiers de la Costa Brava à partir de l'analyse des changements dans l'utilisation des terres au cours des 50 dernières années grâce à des contacts et de photo-interprétation des ortho trois périodes: 1956, 1980 et 2003. Les résultats montrent une augmentation significative de l'espace urbain, qui a été menée principalement au détriment des terres agricoles, tandis que la zone forestière est restée pratiquement inchangée, même si elles ont modifié leur localisation spatiale et la structure. Le modèle traditionnel de villes compactes a été submergé par la prolifération des lotissements, des zones commerçantes et de divertissement, qui se sont propagées à travers le pays, souvent sans suivre une logique spatiale. Cela a conduit, avec le développement des infrastructures de communication, la fragmentation écologique de la mosaïque agroforestière caractéristique de la campagne ancienne. Pour projeter les tendances du changement identifiées et décrire les scénarios futurs ont été appliqués les chaînes de Markov et d'automates cellulaires.

Mots clé: changement de la couverture et l'utilisation des terres; légende hiérarchique; SIG; Écologie du paysage; structure du paysage; fragmentation; chaînes de Markov; Costa Brava.

Abstract. *Recent changes in the coastal landscape of the Costa Brava*

In this article, we study the transformation of coastal landscapes of the Costa Brava by analyzing changes in land use over the past 50 years through the photo interpretation of contact prints and orthoimages of 3 periods: 1956, 1980 and 2003. The results show that urbanized areas have expanded significantly mainly at the expense of agricultural land, while forest areas have remained virtually unchanged, although their spatial location and structure have been altered. The traditional pattern of compact urban areas has been affected by the proliferation of housing estates, shopping malls and leisure areas that have spread throughout the territory with no spatial logic. This phenomenon, together with the development of communications infrastructures, has led to the ecological fragmentation of the agroforest mosaic characterizing the former rural landscape. To predict land use change and determine future scenarios, Markov chains and cellular automata were applied.

Keywords: land use change; hierarchical legend; GIS; landscape ecology; landscape structure; fragmentation; Markov chain; Costa Brava.

Sumario

Introducción
Objetivos
Metodología
Resultados
Conclusiones
Referencias bibliográficas

Introducción

En los últimos cincuenta años, la costa catalana ha sufrido una intensa presión demográfica y económica que, en la mayoría de casos, ha transformado

001-130 DAG 58-2.indd 26 12/03/2012 10:06:04

el territorio alterando las características paisajísticas primigenias. El boom turístico iniciado en la década de los cincuenta supuso un desarrollo urbanístico rápido y a menudo poco controlado. El estudio de la transformación del paisaje litoral de la Costa Brava, uno de los destinos turísticos de mayor éxito en la costa catalana, proporciona resultados sintomáticos de los cambios ocurridos en el litoral mediterráneo.

En este artículo se analiza el alcance de las modificaciones que ha soportado el mosaico paisajístico de la Costa Brava con el paso del tiempo. Para comprender la organización de un paisaje tan altamente humanizado y la transformación de los usos y las cubiertas del suelo, como resultado de múltiples procesos que interactúan entre ellos desarrollándose en un mismo espacio, deben estudiarse las variables biofísicas y antrópicas, sociales y económicas, condicionantes de una diferente utilización del territorio. La referencia obligada a los usos del suelo responde a la evidencia creciente, y puesta de manifiesto por diferentes autores (Turner II et al., 1995), que la transformación del paisaje no tiene consecuencias sólo sobre el sistema social y económico de cada grupo humano, circunscrita a los usos que las sociedades destinan a cada porción del territorio, sino que afecta también al complejo biofísico, al funcionamiento ecológico del conjunto del territorio.

Para recoger estas transformaciones territoriales y paisajísticas, se parte del análisis de los cambios detectados en los usos y las cubiertas del suelo entre 1957 y 2003, se localizan y se cuantifican las variaciones territoriales acaecidas a lo largo del tiempo, se examinan las posibles causas motrices del cambio y sus implicaciones ecológicas sobre los ecosistemas y se proyectan las actuales tendencias de transformación hacia el futuro para obtener posibles escenarios paisajísticos.

Objetivos

Los objetivos del estudio se concretan en:

a) Estudio cartográfico de los usos del suelo de tres periodos temporales: 1957, 1980 y 2003.
b) Análisis cuantitativo de la evolución de la transformación del paisaje en los últimos cincuenta años.
c) Diagnóstico de la estructura del mosaico paisajístico (1957, 1980 y 2003) a partir de la aplicación de los principales índices de la ecología del paisaje y detección de las principales repercusiones ecológicas y paisajísticas de estos cambios.
d) Análisis de las tendencias de cambio a partir de modelos de cambio en los usos del suelo y los factores biofísicos y antrópicos.
e) Modelización de escenarios futuros mediante:
  e.1) Modelos espaciales de los cambios de usos del suelo a escala local.
  e.2) Prognosis de la evolución, a partir de modelos de simulación.

001-130 DAG 58-2.indd 27 12/03/2012 10:06:04

Metodología

Para localizar y cuantificar las variaciones territoriales acontecidas a lo largo de los últimos cincuenta años en el conjunto de los veintidós municipios de la Costa Brava (66.230 ha), se han analizado los cambios detectados en los usos y las cubiertas del suelo de tres periodos: 1957 (situación preturística), 1980 (inicio de las actuaciones de los ayuntamientos democráticos y traspaso de las competencias urbanísticas desde la Administración central hacia los organismos autonómicos) y 2003 (actualidad).

El material cartográfico de base, procedente de diversas fuentes y con formatos diferentes, ha debido ser procesado para el análisis comparativo. Para el primer período, se han utilizado 98 fotografías aéreas del vuelo americano tomadas entre 1956 y 1957 (escala 1:33.000, blanco y negro) por el Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire, Ministerio de Defensa; para el segundo, se han manejado 124 contactos captados entre 1977 y 1980 por el Instituto Geográfico Nacional (escalas 1:18000-1:22000, blanco y negro) y, para el último periodo, se han requerido 156 ortoimágenes (escala 1:5000, color) del Instituto Cartográfico de Cataluña del año 2003. Todas las fotografías aéreas (1956-1957 y 1977-1980) han sido corregidas geométricamente y georreferenciadas con el módulo específico Orthobase del programa Erdas-Imagine 8.4, mientras la posterior fotointerpretación y digitalización se ha realizado mediante el software ArcGis-ArcView 8.3 (ESRI).

Para elaborar esta cartografía, se ha adoptado la tipología establecida por el grupo de investigación Laboratorio de Análisis y Gestión del Paisaje (UdG) en trabajos anteriores (Martí, 2001; Martí y Pintó, 2003), la cual se basa en categorías organizadas jerárquicamente siguiendo criterios de clasificación de tipo fisonómico. Esta clasificación jerárquica permite agrupar o desglosar la leyenda en diferentes niveles según los objetivos del estudio. Para conseguir una visión sintética de las variaciones paisajísticas, se han seleccionado cuatro grandes categorías: espacio con vegetación espontánea, espacio agrícola, espacio urbanizado y formas de relieve litoral, las cuales pueden desplegarse hasta el máximo detalle captado durante el trabajo de campo.

En segundo lugar, ya disponible la cartografía de los usos y las cubiertas del suelo en formato digital, se han utilizado los sistemas de información geográfica (SIG), primero, para cuantificar automáticamente la extensión de cada categoría en cada corte cronológico y, después, para analizar, cuantitativa y espacialmente, cuáles han sido los principales cambios: qué usos y cubiertas han sido los más afectados y dónde se han producido las principales modificaciones (distancia respecto a la línea de costa, altura, orientación, pendiente, etc.).

Se ha intentado hallar respuesta a cuestiones como: ¿sobre qué usos del suelo se ha implantado el espacio actualmente edificado?; ¿qué ecosistemas han quedado más mermados?; ¿la elevada pérdida de espacio agrícola en detrimento de qué usos se ha producido?; ¿cómo ha evolucionado el espacio forestal?; etc. Asimismo, una vez identificados los patrones espaciales de la

001-130 DAG 58-2.indd 28 12/03/2012 10:06:04

transformación de los usos del suelo, se ha buscado la correlación entre diferentes variables. Se ha analizado, por ejemplo, el grado de ajuste entre el espacio donde más han proliferado las urbanizaciones respecto a distintas variables como pendiente, orientación, cuencas visuales sobre el mar, geología o distancia a la línea de costa. A nivel ambiental, también se han analizado qué condiciones ambientales prefieren ciertas comunidades vegetales a partir de la orientación, la insolación, la litología, la presencia o ausencia de cursos fluviales, la proximidad o lejanía a vías de comunicación, la tipología de especies acompañantes, etc. Además, se ha contabilizado el porcentaje de la franja litoral afectada por la artificialización de los ecosistemas costeros analizando la correlación entre las principales variables socioeconómicas y el grado de deterioro de cada municipio litoral.

Analizada la evolución del paisaje a partir del análisis cuantitativo, se ha estudiado la transformación de la estructura del mosaico paisajístico utilizando los principales índices procedentes de la ecología del paisaje mediante el programa Fragstats (McGarigal y Marks, 1995). Estos índices, basados en el tamaño, las formas, el número y la configuración en el espacio de los diferentes elementos del paisaje (*patches*, corredores y matriz), junto a otros atributos de tipo geométrico y topológico, constituyen una herramienta para analizar la estructura del paisaje (Riitters et al., 1995; Pintó, 2000; Turner y Gardner, 1991) y delatan los efectos que la distribución del mosaico espacial tiene sobre los procesos ecológicos (Hargis et al., 1998; Jaeger, 2000).

En tercer lugar, mediante el análisis de Markov (Li, 1995), se han detectado las tendencias de variación de los distintos usos del suelo, una aproximación a la modelización de las dinámicas de cambio de un paisaje a partir de matrices de transición. El modelo de cadenas de Markov se basa en que las modificaciones futuras son dependientes de la combinación de un presente conocido y unos cambios pasados cuantificados: si se conoce la forma en que un uso del suelo, a lo largo del tiempo, cambia hacia otro tipo de uso en una zona concreta, se puede llegar a conocer cómo podría estar estructurado dicho paisaje en un futuro próximo. Sin embargo, estos resultados sólo son la probabilidad de variación de cada uno de los usos del suelo y su representación territorial no responde a ningún patrón real de variación espacial.

Por esta razón, en cuarto lugar, se han aplicado los automatismos celulares (*Cellular automata*), los cuales tienen la virtud de integrar la modelización temporal, resultado del análisis cronológico de variación de los usos del suelo, y la evaluación multicriterio, donde se relacionan los usos y el conjunto de variables que condicionan la dinámica evolutiva. Así, gracias a la aplicación de los automatismos celulares, puede realizarse una previsión de cambios futuros de cada municipio, aunque, para conseguir un escenario más realista, deberían incorporarse diferencias locales aquí no contempladas, como accesibilidad, estructura de la propiedad de la tierra, capacidad agrícola del suelo, aptitud de uso, disponibilidad de agua, evolución del planeamiento, etc.

001-130 DAG 58-2.indd 29 12/03/2012 10:06:04

Resultados

Evolución de los usos del suelo en la Costa Brava (de 1957 a 2003)

La evolución de los grandes usos del suelo en los municipios litorales de la Costa Brava (tabla 1) durante los últimos cincuenta años ha seguido pautas de variación diferentes en cada uno de los tipos de usos del suelo. Mientras la modificación en la extensión de la vegetación espontánea ha sido mínima (sólo se han reducido 641 hectáreas), el espacio agrícola ha disminuido su superficie en un 32,15% (ha perdido 6.844,36 hectáreas entre 1957 y 2003). Aunque antes de analizar en profundidad la transformación de cada uno de los usos del suelo no se puede extraer ninguna conclusión. La simple observación de la evolución de los usos del suelo (figuras 1 y 2) deja entrever a favor

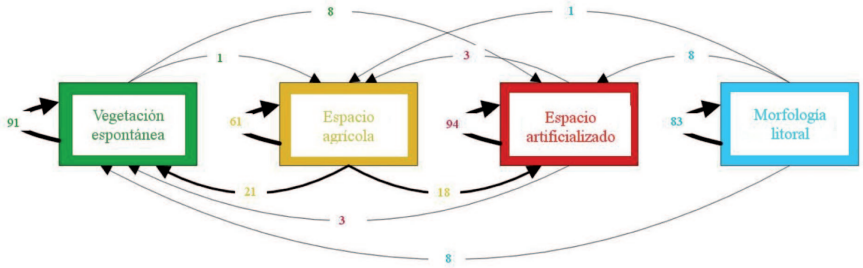

Figura 1. Diagrama de flujos (%) entre los grandes usos del suelo en la Costa Brava (1957, 1980 y 2003).

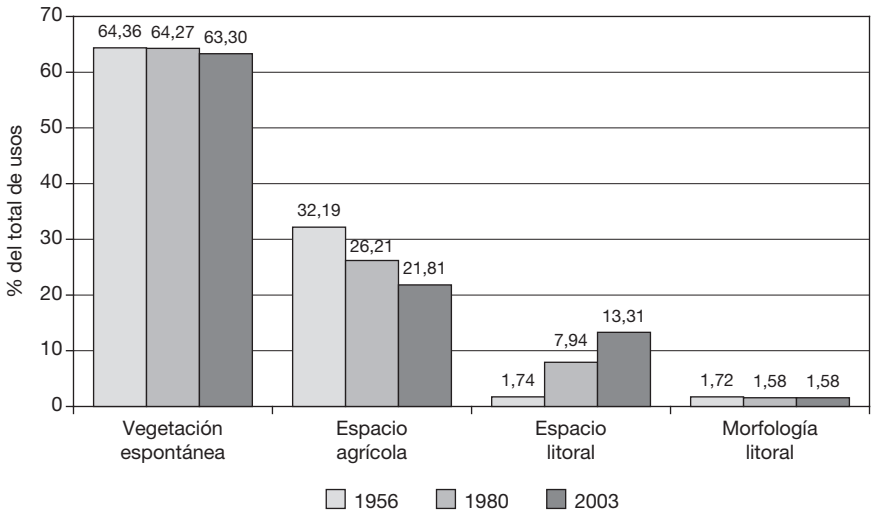

Figura 2. Gráfica de evolución de los grandes usos del suelo en la Costa Brava (1957, 1980 y 2003).

001-130 DAG 58-2.indd 30 12/03/2012 10:06:04

Tabla 1. Evolución de la superficie por grandes usos del suelo en la Costa Brava (1957, 1980 y 2003)

	1957		1980		2003	
	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetación espontánea	42.564,82	64,36	42.543.61	64,27	41.923,82	63,30
Espacio agrícola	21.288,78	32,19	17.350,59	26,21	14.444,42	21,81
Espacio artificializado	1.149,93	1,74	5.257,25	7,94	8.815,86	13,31
Morfología litoral	1.134,33	1,72	1.044,05	1,58	1.045,77	1,58
Total	**66.140,61**	**100,00**	**66.195,49**	**100,00**	**66.229,86**	**100,00**

de qué utilización se han producido las pérdidas descritas: el espacio artificializado[1].

Esta cubierta del suelo, en casi cincuenta años, ha aumentado su superficie un 666,64% (con un incremento de 7.665,91 hectáreas), casi octuplicando (x 7,66) la dimensión que dicha cubierta ocupaba en el año 1957 (figura 2).

a) Análisis de los usos del suelo en la Costa Brava (1957)

La distribución de los grandes usos del suelo del año 1957, analizada a partir del primer nivel de la leyenda jerárquica, evidencia un claro dominio del paisaje agroforestal (figura 3 —mapa de la izquierda— y tabla 1).

Al desmenuzar cada uno de estos usos mediante la aplicación del tercer nivel de la leyenda jerárquica, puede concretarse qué categoría forestal, cultivo o tipología constructiva domina en este primer periodo cronológico analizado. Las cubiertas predominantes, que constituyen el 96% del territorio de la Costa Brava en 1957, son: cultivos herbáceos (que ocupan el 33,5% del territorio, 22.128,8 hectáreas), matorrales (el 23,1%, 15.301,97 hectáreas), bosques claros (el 19,7%, 13.002,54 hectáreas), bosques densos (el 15,2%, 10.070,76 hectáreas), prados o pastos (el 1,8%), cultivos arbóreos (el 1,4%) y vegetación de humedales (el 1,3%), composición que produce un paisaje litoral eminentemente agroforestal. Es importante destacar que la extensión de los núcleos urbanos, distribuidos en 45 polígonos, no llega al 1% (el 0,90%) del territorio estudiado.

El contexto del primer período evidencia la dominancia de los usos agrícolas y forestales en un territorio muy poco urbanizado, básicamente gestionado desde los pequeños núcleos de población y las masías esparcidas a lo largo y ancho del espacio rural. Tal distribución es el reflejo de la etapa pre-

1. El espacio artificializado agrega los siguientes usos: núcleo urbano, urbanización densa, urbanización dispersa, casa o edificación aislada, servicios y equipamientos (polideportivo, cementerio, depuradora, etc.), polígonos industriales, cámpings, gran espacio artificializado (cantera), infraestructuras litorales (puerto, espigón) y vías de comunicación.

001-130 DAG 58-2.indd 31 12/03/2012 10:06:04

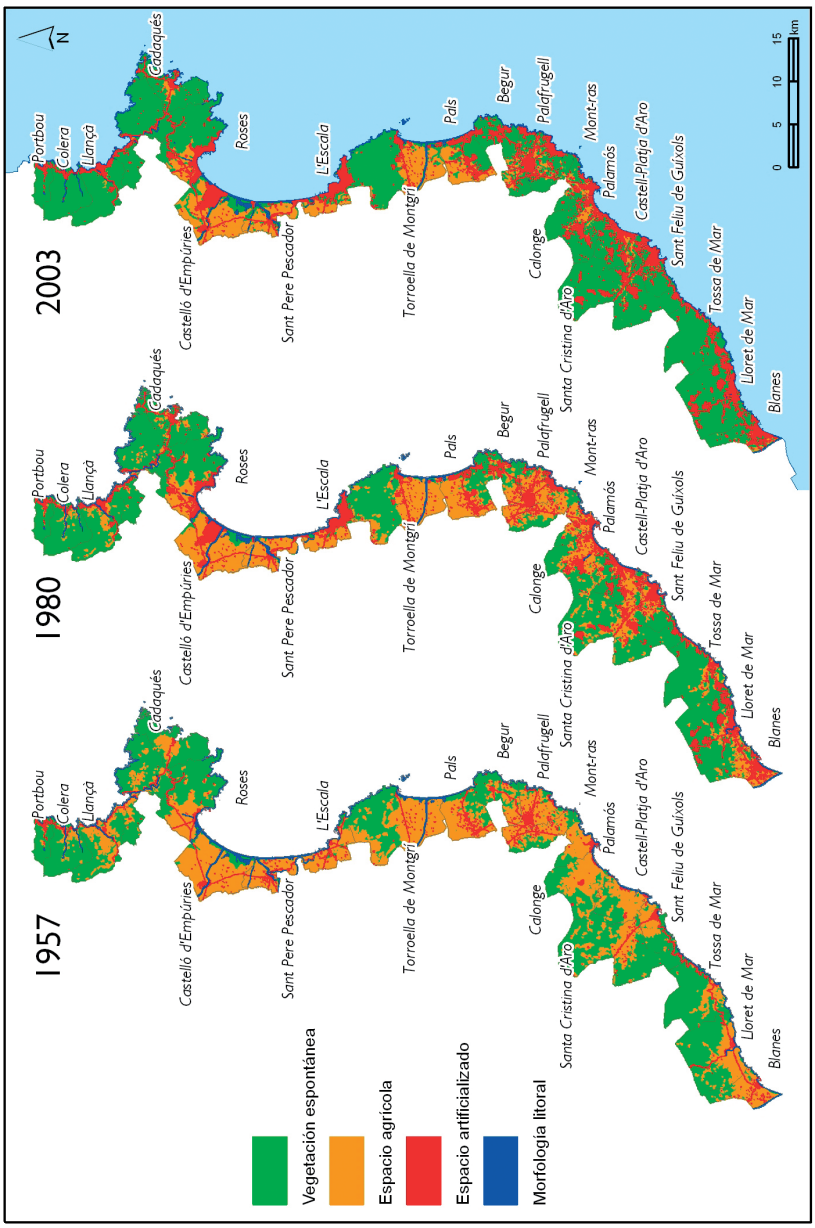

Figura 3. Cronosecuencia (1957, 1980 y 2003) de la transformación de los municipios costeros de la Costa Brava a partir de la clasificación jerárquica de primer nivel.

001-130 DAG 58-2.indd 32 12/03/2012 10:06:05

turística de la Costa Brava y denota un mínimo o nulo impacto territorial a causa de la incipiente utilización turística del litoral. La marca Costa Brava se acuñó a principios de siglo xx y aunque pronto se popularizó, el aislamiento de los municipios litorales y la deficiente red de comunicaciones ralentizaron el desarrollo turístico de la costa gerundense.

b) Análisis de los usos del suelo en la Costa Brava (1980)

La superficie relativa correspondiente a los grandes usos del suelo en 1980 cambia notablemente respecto al corte cronológico anterior. El mosaico paisajístico agroforestal de 1957 pierde peso a favor de un territorio más urbanizado y, en detrimento, sobre todo, del espacio agrícola (figura 3 —mapa del centro). Los usos del suelo predominantes son ahora los matorrales (un 24,81%), los cultivos herbáceos (un 24,14%), los bosques densos (un 22,92%), los bosques claros (un 12,59%) y un conjunto diverso de usos que forman el espacio artificializado (un 7,89%).

La extensión total de la vegetación espontánea se mantiene casi intacta. Sigue ocupando dos terceras partes (un 64,27%) de la superficie de los municipios litorales de la Costa Brava, puesto que se han perdido sólo 21,22 hectáreas respecto al año 1957, aunque, internamente, la estructura general del monte varía sustancialmente. Respecto a los usos del suelo predominantes, destaca también el cambio en la superficie de los distintos tipos de masas boscosas. Si, en el año 1957, el bosque claro ocupaba el 19,66% (13.002,54 hectáreas) de la superficie de los municipios litorales de la Costa Brava, en 1980 su extensión se había reducido un 35,90%, es decir, pasó a ocupar 8.334,94 hectáreas, el 12,59% de la superficie de la costa gerundense. La baja rentabilidad de las explotaciones de producción corchera ante la competencia de materia prima de importación a menor coste y la progresiva substitución de los productos forestales, como el carbón vegetal y la leña, hasta entonces tan cotidianos como necesarios como combustible doméstico, provocan que, a partir de la década de 1960, el aprovechamiento forestal vaya abandonándose gradualmente. La propia dinámica vegetal del monte genera que éste vaya ganando densidad y que en casi veinticinco años (1957-1980) los bosques claros se conviertan en masas forestales bien consolidadas. El resultado es que, en 1980, las áreas de bosque denso ocupan 5.100,31 hectáreas más respecto a la superficie que recubrían en 1957 (10.070,76 hectáreas en 1957 frente a 15.171,07 hectáreas en 1980) y cubren el 22,92% del territorio estudiado.

Mientras, el espacio agrícola pasa de representar el 32,19% en 1957 al 26,21% en 1980 (disminuye en 3.938,19 hectáreas). Estas pérdidas de superficie agroforestal son ganadas por el espacio artificializado, el cual entre 1957 y 1980 casi se quintuplica (x 4,56), puesto que pasa de una ocupación del 1,74% del territorio en 1957 al 7,94% el año 1980 (es decir, aumenta en 4.107,32 hectáreas). Al respecto, el tercer nivel de la leyenda jerárquica de los usos del suelo permite distinguir que el espacio agrícola que más se ha reducido es el constituido por cultivos herbáceos. Un espacio que, o bien ha sido

001-130 DAG 58-2.indd 33 12/03/2012 10:06:05

transformado en alguna tipología de espacio construido, o ha perdido la función agrícola y ha sido colonizado espontáneamente por la vegetación. Una de las repercusiones más relevantes de la pérdida de parcelas ocupadas por los cultivos herbáceos es la tendencia del mosaico paisajístico hacia una dualidad entre la vegetación espontánea y el espacio artificializado, sin un espacio de transición que disminuya el brusco contraste entre ambas cubiertas y atenúe el grave riesgo de incendio forestal creado ante tal adyacencia.

El intervalo temporal entre 1957 y 1980 es también la etapa del gran crecimiento del espacio urbanizado. Por un lado, se desarrolla un crecimiento extraordinario de los núcleos urbanos y, por otro, irrumpen con fuerza nuevas tipologías constructivas y nuevos usos del territorio. Es el período de la proliferación de las urbanizaciones de alta y baja densidad, de los cámpings, de los polígonos industriales y de las infraestructuras de servicios y equipamientos.

Aunque la extensión de los núcleos urbanos casi se triplica (x 2,60; 160,16% de incremento), al pasar de una superficie de 595,21 hectáreas el 1957 a 1.548,54 hectáreas en 1980, el gran aumento relativo del espacio urbanizado se produce sobre las nuevas tipologías de uso del suelo. Por ejemplo, la superficie ocupada por las urbanizaciones de viviendas adosadas, de alta densidad constructiva, se multiplica casi por 12 (con un incremento del 1.064,76%, al pasar de 101,66 hectáreas en 1957 a 1.184 hectáreas en 1980). La extensión de las urbanizaciones de baja densidad alcanza una magnitud aún mayor: aumenta 21 veces su extensión inicial (un incremento del 1.990,59%, de 80,38 hectáreas en 1957 a 1680,40 hectáreas en 1980).

Antes del desarrollo turístico, el tamaño de las tramas urbanas estaba ajustado a la población autóctona que residía allí. Los núcleos más grandes eran Palafrugell, Blanes, Palamós y Sant Feliu de Guíxols. Con la llegada de turistas, se inició una etapa de expansión en toda la Costa Brava, un crecimiento sin precedentes que, a partir de la década de 1960, provocó grandes cambios económicos y urbanísticos con desarrollos muy diferenciados entre municipios. Las causas de las diferentes evoluciones territoriales hay que buscarlas en las condiciones físicas de cada sector, en la accesibilidad y en la localización geográfica de cada población respecto a los principales núcleos emisores de visitantes, en las capacidades sociales y económicas de desarrollo local, en la rentabilidad y propiedad del suelo, así como en el marco legal y las políticas urbanísticas de cada municipio.

La predilección por disfrutar de la fachada marítima y del entorno costero implicó la ocupación constructiva de la franja estrictamente litoral, combinando asentamientos urbanísticos de alta densidad, formados por hoteles y edificios de apartamentos a menudo con pantallas arquitectónicas de alturas desproporcionadas en primera línea, con complejos de urbanizaciones de segunda residencia en baja densidad, usualmente acompañados de espacio verde comunitario o privado, que ocupaban las laderas montañosas más próximas al mar. Los municipios con mayor presión urbanística, como Roses, l'Escala, Castell-Platja d'Aro, Sant Feliu de Guíxols, Lloret de Mar o Blanes, evidencian este patrón territorial.

001-130 DAG 58-2.indd 34 12/03/2012 10:06:05

c) Análisis de los usos del suelo en la Costa Brava (2003)

Describir las transformaciones ocurridas hasta el año 2003 implica referirse a grandes cambios en la composición y en la configuración del mosaico paisajístico. Supone incorporar las modificaciones sociales y económicas que han sufrido los municipios litorales de la Costa Brava en los últimos cincuenta años y observar tanto los efectos territoriales como sus repercusiones paisajísticas.

Si el corte cronológico de 1980 mostraba cambios en las tendencias de utilización y aprovechamiento de los usos y las cubiertas del suelo, veintitrés años después éstas se han reafirmado. Todos los procesos territoriales que se iniciaron entre las décadas de 1960 y 1970, y que prosperaron a lo largo de las décadas de 1970 y 1980, se consolidaron en los decenios siguientes. La evolución de las diferentes proporciones entre los grandes usos del suelo en los últimos casi cincuenta años muestra la consolidación de las tendencias iniciadas en el período anterior (figura 3 —mapa de la derecha).

La superficie ocupada por la vegetación espontánea, que a lo largo del primer periodo se había mantenido intacta, entre 1980 y 2003 disminuyó en un ligero 1,46% (–619,79 hectáreas). Éste es el balance de dos procesos antagónicos: por una parte, a causa de la progresiva disminución de la actividad agrícola, se produce la expansión de la superficie forestal por recolonización de los cultivos abandonados, y, por otra parte, la continua progresión de la superficie urbanizada sigue alimentándose de yermos, matorrales y bosques para dar respuesta a las exigencias del turismo vacacional y residencial. El espacio agrícola mantuvo un ritmo sostenidamente decreciente: si entre 1957 y 1980 se redujo en un 18,50%, en este segundo periodo disminuyó en un 16,75%. En cambio, el aumento del espacio artificializado se mostró imparable: en 1957 ocupaba el 1,74% del territorio de los municipios litorales de la Costa Brava; en 1980, tras crecer 4.107,32 hectáreas, tenía una dimensión del 7,94%, y en el año 2003, al incorporar 3.558,61 hectáreas más, alcanzó una extensión del 13,31% del territorio. Su superficie, respecto al año 1957, casi se octuplicó (x 7,76).

Si bien los resultados del análisis cuantitativo del año 2003 no difieren en gran medida de los porcentajes presentados por el corte cronológico de 1980, excepto por el espacio artificializado, es importante constatar los diferentes ritmos de variación para cada una de las categorías de usos del suelo entre las dos etapas (figura 4 y tabla 2).

Del análisis del tercer nivel de la leyenda jerárquica, puede comprobarse que a causa del abandono de las actividades silvícolas y de la consecuente evolución vegetal de las masas forestales de porte arbustivo y de la densificación del bosque en general, en el año 2003, la cubierta dominante ya no es el matorral, sino el bosque denso (ocupa 15.380,89 hectáreas, el 23,22% del territorio estudiado). Las formaciones arbustivas, el segundo uso preponderante, ocupan un 22,75% (15.066,09 hectáreas) de extensión. Los cultivos herbáceos entre 1980 y 2003 reducen su superficie en 3.439,38 hectáreas,

001-130 DAG 58-2.indd 35 12/03/2012 10:06:05

001-130 DAG 58-2.indd 36

Tabla 2. Evolución cuantitativa de los usos del suelo en la Costa Brava (1957, 1980 y 2003)

	1957		1980		2003		1980 vs. 1957		2003 vs. 1980	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	% variación	Ha	% variación
Bosque denso	**10.070,76**	**15,23**	**15.171,07**	**22,92**	**15.380,89**	**23,22**	**5.100,31**	**50,64**	209,82	0,01
Bosque claro	**13.002,54**	**19,66**	**8.334,94**	**12,59**	**8.331,03**	**12,58**	**–4.667,59**	**–35,90**	–3,91	–0,05
Bosque de ribera	206,12	0,31	138,23	0,21	274,01	0,41	–67,89	–32,94	135,78	**98,22**
Vegetación de humedal	868,13	1,31	736,76	1,11	854,65	1,29	–131,37	–15,13	117,89	16,00
Vegetación de ribera	104,74	0,16	161,81	0,24	113,47	0,17	57,08	54,50	–48,34	29,88
Matorral	**15.301,97**	**23,14**	**16.425,53**	**24,81**	**15.066,09**	**22,75**	**1.123,56**	**7,34**	**–1.359,44**	**–8,28**
Herbazal	1.195,71	1,81	1.575,26	2,38	1.903,67	2,87	379,55	31,74	328,41	20,85
Plantación de árboles	19,00	0,03	113,04	0,17	163,62	0,25	94,04	**495,05**	50,58	44,75
Cultivos herbáceos	**22.128,80**	**33,46**	**15.978,45**	**24,14**	**12.539,07**	**18,93**	**–6.150,35**	**–27,79**	**–3.439,38**	**–21,53**
Cultivos arbustivos	41,16	0,06	49,90	0,08	265,91	0,40	8,74	21,24	**216,01**	**432,92**
Cultivos arbóreos	914,69	1,38	1.209,19	1,83	1.475,82	2,23	294,51	32,20	226,62	22,05
Espacio denudado	12,20	0,02	36,21	0,05	67,50	0,10	24,00	196,65	31,29	86,42
Núcleo urbano	595,21	0,90	1.548,54	2,34	**1.925,34**	**2,91**	953,32	160,16	**376,80**	**24,33**
Urbanización densa	101,66	0,15	1.184,40	1,79	**2.295,45**	**3,47**	1.082,44	1.064,76	**1.111,36**	**93,86**
Urbanización dispersa	80,38	0,12	1.680,40	2,54	**2.664,84**	**4,02**	1.600,02	1.990,59	**984,44**	**58,58**
Casa aislada	95,43	0,14	177,22	0,27	209,16	0,32	81,78	85,70	31,95	18,03
Servicio o equipamiento	44,95	0,07	117,33	0,18	263,83	0,40	72,39	161,06	146,50	**124,86**
Cámping	0,00	0,00	149,56	0,23	594,00	0,90	149,56		444,44	**297,16**
Polígono industrial	0,00	0,00	36,70	0,06	157,45	0,24	36,70		120,75	**329,04**
Gran espacio artificializ.	0,00	0,00	64,71	0,10	228,78	0,35	64,63		164,06	**253,52**
Infraestructura litoral	14,54	0,02	33,04	0,05	83,36	0,13	18,50	**127,23**	50,31	**152,27**
Carretera	206,22	0,31	229,43	0,35	326,14	0,49	23,21	11,26	96,71	42,15
Lecho fluvial	292,88	0,44	272,53	0,41	282,53	0,43	–20,35	–6,95	10,00	3,67
Morfología litoral	63,47	0,10	64,38	0,10	62,18	0,09	0,91	1,43	–2,20	–3,41
Acantilado	315,84	0,48	291,80	0,44	229,31	0,45	–24,03	–7,61	7,50	2,57
Playa	401,77	0,61	378,06	0,57	365,51	0,55	–23,71	–5,90	–12,55	–3,32
Dunas	60,36	0,09	37,27	0,06	36,23	0,05	–23,09	**–38,25**	–1,05	–2,81

12/03/2012 10:06:05

y en 2003 cubren el 18,93% (12.539,07 hectáreaa) del territorio. El bosque claro no experimenta ninguna variación en su extensión total. El conjunto del espacio artificializado, entre 1980 y 2003 se incrementa un 67,47%, y en 2003 ocupa el 13,21% de la superficie estudiada.

Así, en el año 2003, después de los usos preponderantes (bosque denso, matorral, cultivos herbáceos y bosque claro), la mayor extensión ya no la ocupan los prados, sino las urbanizaciones de baja densidad rodeadas de vegetación espontánea, las cuales ocupan el 4,02% (2.664,84 hectáreas) del territorio. Al mismo tiempo, las urbanizaciones de alta densidad se extienden por el 3,47% (2.295,45 hectáreas) del área estudiada, mientras los núcleos urbanos siguen ampliando sus perímetros (2,91%, 1.925,34 hectáreas).

Del análisis cuantitativo presentado, los usos del suelo que reportan una mayor modificación en la configuración del mosaico paisajístico son, sin duda, los que corresponden al espacio artificializado, aunque su plasmación territorial ha sido muy dispar en los municipios litorales de la Costa Brava.

La estructura ecológica del paisaje litoral de 1957 a 2003

En la evolución de la transformación del mosaico paisajístico de la Costa Brava de los últimos casi cincuenta años (de 1957 a 2003), se ha hecho evidente que:

a) La superficie artificializada es la cubierta del suelo que más se ha expandido con un crecimiento territorial extensivo.
b) La vegetación espontánea es la cubierta que ha presentado una mayor estabilidad en la superficie ocupada, a pesar del dinamismo interno.
c) El espacio agrícola es la cubierta que más ha disminuido su extensión inicial. La rotura de la disposición tradicional del paisaje agroforestal se ha originado, exclusivamente, por la irrupción de nuevas dinámicas territoriales encabezadas por la construcción de viviendas de segunda residencia por doquier. Los efectos de tal fractura sobrepasan las repercusiones de impacto estrictamente visual y afectan seriamente al funcionamiento de los sistemas naturales y a las relaciones de sus componentes con el resto de elementos de la matriz paisajística.

a) El espacio artificializado

En el conjunto territorial de los municipios litorales gerundenses, tan intensa ha sido la ampliación superficial del espacio artificializado, que se ha octuplicado (7.665,91 nuevas hectáreas entre 1957 y 2003), como las pautas territoriales desarrolladas para alcanzar este aumento (1.597 fragmentos más). Su implantación ha sido desigual geográficamente —entre las distintas poblaciones— y temporalmente —entre los dos períodos estudiados—, pero la consecuencia más importante repercute permanentemente sobre todo el territorio: la fragmentación del mosaico paisajístico.

001-130 DAG 58-2.indd 37 12/03/2012 10:06:05

Las diferencias en los porcentajes de aumento del espacio artificializado y en el número de fragmentos generados entre los dos periodos no responden a dinámicas distintas. Tan sólo se debe a que entre 1957 y 1980 casi toda nueva hectárea de espacio artificializado implicaba la creación de un nuevo fragmento. El crecimiento del espacio artificializado fue tan intenso y disperso a lo largo del territorio en este primer periodo que, en el siguiente, de 1980 a 2003, las nuevas hectáreas se anexionaron a los espacios ya existentes, con lo que se aumentó en superficie pero no en número de fragmentos. Incluso, al rellenarse los espacios intersticiales, se unieron antiguas manchas distantes, lo cual generó una disminución en la fragmentación del espacio construido. Estos mejores resultados tampoco deben ocultar la afectación ambiental y paisajística que genera el continuo crecimiento del espacio urbanizado.

La práctica habitual de la actividad turística, primero para el turismo extranjero (décadas de 1950 y 1960) y, con el tiempo, también para los ciudadanos autóctonos, conllevó la construcción de gran número de habitáculos para atender a la demanda. Las tramas urbanas de los núcleos costeros se ensancharon y en algunos municipios empezaron a proliferar grandes edificios frente al mar. En este caso, las repercusiones territoriales del incremento fueron sobre todo paisajísticas. Ante la masificación que se producía en estas zonas de hoteles y apartamentos, se estableció con fuerza el modelo antitético: la casa aislada rodeada de naturaleza y tranquilidad, con la exigencia de disfrutar de vistas al mar. Esta preferencia condicionó una nueva tipología: casas construidas en zonas elevadas, frecuentemente sobre acentuadas pendientes y en medio de áreas boscosas. Éstas comportaron graves repercusiones ambientales:

a) La apertura de pistas forestales que, en zig-zag, superan las pendientes y desmenuzan las masas forestales, tanto a causa de la propia construcción residencial como de las vías de acceso.
b) El conjunto de vegetación espontánea de la zona se convierte no sólo en un espacio vivido y muy transitado, sino que se incorpora como espacio verde privado, con lo que es transformado en «jardines naturales» en los cuales se introducen gran cantidad de especies alóctonas, usualmente muy resistentes, que debilitan y reducen la extensión de las autóctonas.

Paralelamente, otra tipología, las urbanizaciones de alta densidad, preferían zonas con menor complicación para la construcción y urbanización de amplias zonas de casas unifamiliares adosadas, con lo que se optaba por la transformación de campos llanos o con poca pendiente. En este caso, los usos mayoritariamente hipotecados fueron los agrícolas.

b) La vegetación espontánea

Paralelamente, la superficie ocupada por la vegetación espontánea ha variado poco en los dos periodos estudiados. Los cambios más profundos se

001-130 DAG 58-2.indd 38 12/03/2012 10:06:05

deben al cambio estructural que ha creado el proceso de fragmentación sobre la configuración del mosaico paisajístico litoral. Unos cambios que fueron muy acusados entre 1957 y 1980 y que, en el periodo posterior, de 1980 a 2003, se han mantenido, aunque con un impacto y una incidencia territoriales menores.

La fragmentación del paisaje y la consecuente reducción (–40,97%) del tamaño de las teselas de vegetación espontánea de la Costa Brava es un proceso que puede generar graves repercusiones ecológicas y paisajísticas. La creciente intervención sobre los paisajes naturales va progresivamente fragmentando el hábitat de diversas especies. La fragmentación de un hábitat supone la ruptura de un paisaje continuo debido a la fragmentación de las teselas del patrón paisajístico, las cuales, progresivamente, van empequeñeciéndose y distanciándose unas de otras, hasta llegar al aislamiento de los hábitats, la causa más importante de pérdida de biodiversidad en los últimos tiempos.

La presión sobre la vegetación espontánea no ha sido temporalmente igual ni espacialmente homogénea. En 1957, el espacio forestal se situaba *a*) sobre las zonas más elevadas, de modo que constituían grandes extensiones que rodeaban el espacio agrícola, y *b*) en las cotas de menor pendiente, donde fragmentos de menores dimensiones estructuraban un mosaico agroforestal. De 1957 a 1980, el crecimiento disperso del espacio urbanizado produjo un importante cuarteamiento de las masas naturales, esencialmente por la segmentación de los fragmentos más grandes, si bien no se redujo la extensión total de la cubierta. De 1980 a 2003, el proceso de fragmentación afectó más a las teselas de monte de menor dimensión. Una parte de estos fragmentos menores desaparecieron debido a la transferencia de 641 hectáreas de esta cubierta a algún otro uso del suelo, mientras otras superficies forestales fueron más fragmentadas (119 teselas más). Este desmenuzamiento progresivo provoca que el tamaño medio de las teselas también vaya gradualmente reduciéndose. En consecuencia, cada vez hay menos diferencias en la extensión de todos los fragmentos de vegetación espontánea, es decir, las dimensiones de las manchas van equiparándose debido a la fragmentación de las grandes superficies de monte.

La causa principal ha sido la extensión de las urbanizaciones de baja densidad, y no es por la cantidad de espacio edificado que ocupan sensu stricto, sino por la cantidad de terreno que queda también transformado a su alrededor. Éstas, entre 1957 y 1980, se construyeron en su mayoría (un 70,16%) en detrimento de la vegetación espontánea del lugar y, entre 1980 y 2003, el porcentaje ascendió al 81,94%. Así, el bosque denso o claro colindante a un conjunto de edificaciones aisladas queda transfigurado en una masa de vegetación faltada de su estructura natural, donde las especies arbóreas y arbustivas que no acompañan el ajardinamiento deseado son eliminadas. Las zonas más afectadas, con mayor número de hectáreas transformadas, fueron sobre todo Begur, Santa Cristina d'Aro, Palafrugell, pero también Lloret de Mar, Cadaqués, Sant Feliu de Guíxols, Calonge, Castell-Platja d'Aro, l'Escala y Roses.

001-130 DAG 58-2.indd 39 12/03/2012 10:06:05

Por lo tanto, la fragmentación tiene consecuencias más graves que la simple configuración de usos en la matriz paisajística. La fragmentación de las masas de vegetación transforma la estructura, la composición y la función de los diferentes elementos del mosaico paisajístico. Por un lado, el espacio forestal se convierte en un conjunto de unidades más pequeñas y aisladas entre ellas, la extensión agregada de las cuales resulta mucho menor que la masa original (figura 4). Por otro lado, la estructura propia de un paisaje fragmentado genera un conjunto de cambios biofísicos y biogeográficos que se traducen en variaciones substanciales, tanto en los procesos ecológicos como sobre las comunidades biológicas (Harris, 1984).

c) El espacio agrícola

A diferencia de la evolución de la vegetación espontánea, en casi cincuenta años, la superficie de cultivos ha disminuido un tercio y la fragmentación sólo ha aumentado un 15,82%. Los cultivos han quedado concentrados en aquellas zonas donde, bien porque la población está muy arraigada al campo, bien por las condiciones de alta fertilidad del suelo, resulta conveniente el mantenimiento y la explotación agrícola de las tierras. Para aumentar la rentabilidad, se siguen distintas estrategias: se agrupan las parcelas a explotar, se unen esfuerzos e intereses para cultivar amplias extensiones, se eliminan divisorias entre campos y se comparte maquinaria agrícola. Así, gracias a éstas, la fragmentación del espacio agrícola es la que presenta índices menores.

Entre 1957 y 1980 es cuando se produce una mayor desestructuración y reducción del tamaño de los fragmentos agrícolas (la fragmentación aumenta el 9,70%). Opuestamente, el período siguiente, de 1980 al 2003, presenta cierta reordenación territorial: actualmente, la forma de las teselas agrícolas es más compacta, regular y de mayores dimensiones, si bien los fragmentos pequeños siguen manteniéndose.

La localización de las zonas agrícolas que sufren una mayor fragmentación no es azarosa. Las zonas de topografía más llana, y consecuentemente más accesibles y de sencilla urbanización (y por lo tanto de mayor rentabilidad), son las primeras en ser alteradas. Dichas extensiones corresponden básicamente a cultivos herbáceos, los cuales disminuyen en gran medida en Roses, Castelló d'Empúries y en la zona central de la Costa Brava: en el corredor entre Palafrugell y Mont-ras, en la planicie agrícola entre Palamós y Calonge, y en el valle entre Castell-Platja d'Aro, Sant Feliu de Guíxols y Santa Cristina d'Aro, así como en Lloret de Mar y Blanes.

En el caso del espacio agrícola, el efecto margen queda amortiguado. El achicamiento de los fragmentos grandes y la eliminación de superficie agrícola, sobre todo de aquellas teselas de menores dimensiones (las menos rentables), provocan que la longitud del contorno disminuya. Cabe destacar además que, ligado a la reordenación agrícola citada, dada la tendencia a agrupar fragmentos pequeños para aumentar la rentabilidad agrícola de las explota-

001-130 DAG 58-2.indd 40 12/03/2012 10:06:05

ciones, entre 1980 y 2003, el perímetro total de la categoría de espacio agrícola se reduce notablemente (figura 4).

En la actualidad, la estructura del paisaje se caracteriza por una alta fragmentación. La zonación característica del paisaje agroforestal tradicional se ha transformado por doquier. Desde la época romana, el territorio se ha articulado en torno a los núcleos habitados. Alrededor de los pueblos y de las masías dispersas, se sucedían en el espacio distintas áreas compactas destinadas a diferentes usos: una zona de huerta irrigada, otra de secano con cereales, viñedos y olivos, otra zona con herbazales y matorrales donde se practicaba el pastoreo extensivo y, finalmente, la zona de monte. Este mosaico paisajístico ha persistido con pocas modificaciones a lo largo de los siglos, pero en las últimas décadas se ha producido una elevada dispersión de usos.

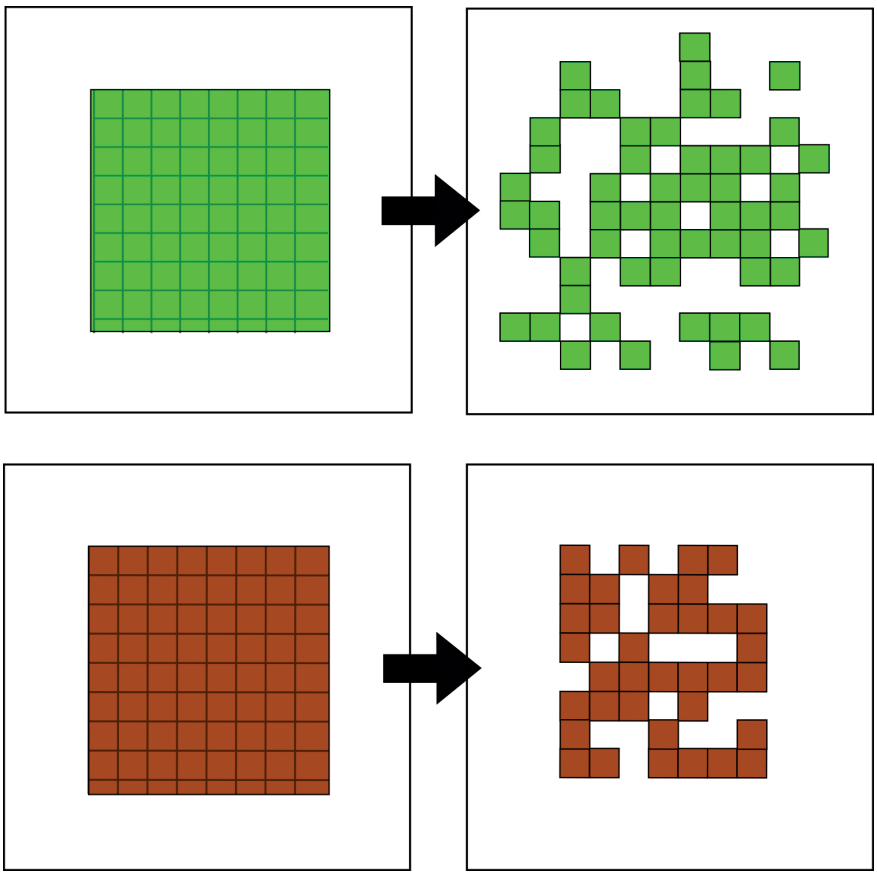

Figura 4. Esquema comparativo del diferente proceso de fragmentación entre los espacios de vegetación espontánea (superior) y los agrícolas (inferior).

001-130 DAG 58-2.indd 41 12/03/2012 10:06:06

La antigua zonación se ha difuminado, se ha perdido la claridad en los límites de cada área y la compacidad se ha roto, imponiéndose un paisaje en muchos casos caótico, donde a menudo se yuxtaponen elementos territorialmente discordantes.

Modelización de la transformación del paisaje de la Costa Brava

Con el objetivo de esquematizar las tendencias manifestadas en los análisis de evolución y diagnosis, así como avanzar algún tipo de predicción a corto y medio plazo en los comportamientos del patrón espacial, se han testado dos tipologías de modelización.

En un primer nivel, interesaba esbozar un modelo sintético, una representación gráfica simplificada capaz de describir los procesos y las estructuras presentes en el territorio analizado. Para diseñar el modelo que sintetiza las transformaciones del mosaico paisajístico, se han tenido en cuenta las aportaciones de Antrop (1993) para los paisajes mediterráneos donde puede confeccionarse un modelo espacial basado en la zonación clásica introducida desde el tiempo de la romanización. En el paisaje rural tradicional, que se mantuvo sin cambios importantes hasta mediados del siglo xx, se reconocían

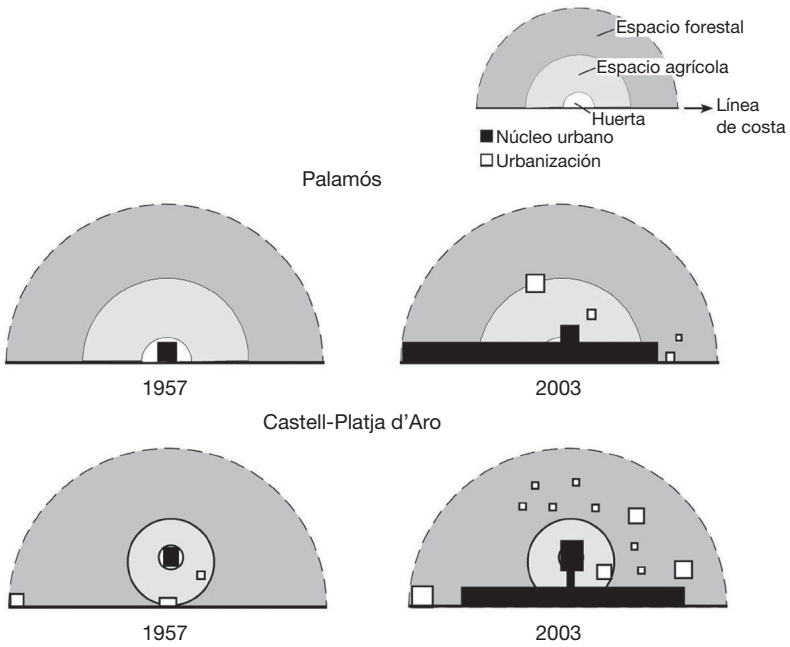

Figura 5. Modelo espacial de la transformación del paisaje en el centro de la Costa Brava entre 1957 y 2003.

001-130 DAG 58-2.indd 42 12/03/2012 10:06:06

tres zonas principales alrededor de los núcleos de población (en una disposición en anillos más o menos concéntricos):

1. Un espacio más bien reducido de huerta (*hortus*).
2. El espacio agrícola de los cultivos de secano: cereales, viñas y olivos (*ager*), que puede incluir sectores de pastoreo extensivo.
3. El espacio forestal (*silva*). Cada zona corresponde a una intensidad decreciente en los usos del suelo a partir de un asentamiento de población central desde donde se gestiona el territorio.

La condición litoral de los municipios representados ha obligado a introducir una modificación en el gráfico: se parte de un semicírculo donde la línea de base reproduce la línea de costa y, mediante cuadrados, se indican las entidades de población. El modelo se basa en anillos concéntricos que se relacionan con los tres grandes tipos de usos del suelo (forestal, agrícola y construido) e incorpora, de una forma gráfica, el cambio en la superficie destinada a las principales categorías de usos del suelo y la localización espacial de éstos.

A un mayor nivel de detalle, para estimar las transformaciones futuras en el mosaico paisajístico, se han aplicado los modelos matemáticos de simulación de las tendencias de cambio acaecidas en la Costa Brava mediante los automatismos celulares de Markov. Esta es una aplicación (*Markov celular automata*) del programario SIG Idrisi Release 2, a partir de la cual, al combinar dos mapas del mismo territorio, de dos períodos temporales distintos y con el mismo número de categorías, el módulo de Markov calcula la matriz de transición para cada uso o cubierta del suelo (Childress et al., 1998) (tabla 3).

Como resultado de contabilizar los cambios acaecidos entre los dos períodos seleccionados, la matriz de transición presenta la posibilidad que tiene cada uso del suelo de cambiar y convertirse en otro uso. Esta matriz numérica se traduce también en un mapa ráster: una representación cartográfica de las probabilidades de cambio donde cada celda toma el valor que se le ha asignado al uso al que pertenece, por lo que todas las celdas de una cubierta del suelo determinada tienen la misma posibilidad de convertirse a otro uso.

Tabla 3. Matriz de transición calculada con la aplicación de cadenas de Markov a partir de los mapas de usos del suelo de la Costa Brava de 1980 y 2003 (con base 1)

Probabilidad de cambio hacia:

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Clase 1	0,9412	0,0139	0,0438	0,0006	0,0006
Clase 2	0,1052	0,8027	0,0913	0,0001	0,0006
Clase 3	0,01	0,056	0,9842	0,0003	0
Clase 4	0,0277	0	0,0302	0,9393	0,0028
Clase 5	0,083	0,0075	0,0086	0,007	0,8939

001-130 DAG 58-2.indd 43 12/03/2012 10:06:06

Pero los cambios en el territorio no son espacialmente aleatorios, sino que presentan ciertas pautas de correlación en el patrón paisajístico. Con estas variables definidas y con sus preferencias espaciales bien delimitadas, se establecen unas ponderaciones para considerar la probabilidad de cambio de cada celda, no sólo por corresponder a una categoría determinada, sino por localizarse en una posición determinada en el territorio[2].

Mediante la opción Multi-criteria Evaluation, se construyen los mapas de restricciones (*suitability maps*) que condicionarán la localización de la evolución de los usos. Estas restricciones no modifican la superficie a cambiar por cada uso del suelo en el futuro, únicamente afectan a su distribución dependiendo de, por ejemplo, la proximidad al mar, el grado de pendiente, la orientación, la altitud, la existencia de espacios PEIN, la presencia y el tamaño de parcelas agrícolas, etc.

Una vez definidos los principales condicionantes para la ubicación de cambios en cada uno de los usos del suelo, se aplican los mecanismos de simulación de los autómatas celulares de Markov (CA Markov). Esta función combina la matriz de transición de Markov con los mapas de restricciones que se han construido mediante la operación Multi-criteria Evaluation. El procedimiento desarrollado por los autómatas celulares de Markov para asignar las zonas de cambio, además de basarse en las restricciones introducidas, también tiene en cuenta que un uso del suelo aumenta o disminuye por contigüidad geográfica de las celdas adyacentes en el perímetro del uso existente.

El periodo simulado equivale al período de referencia (1980-2003, veintitrés años) y la unidad mínima temporal es un año. Consecuentemente, se ha mantenido el mismo periodo temporal y se han aplicado veintitrés iteraciones a partir del año 2003 (t_0), con lo que se ha conseguido la simulación de un escenario para el año 2025. El mapa resultante muestra claramente la densificación y ampliación del espacio artificializado y la reducción del suelo agrícola, si bien estas variaciones se plantean homogéneas para todo el territorio. Aunque los primeros resultados del ejercicio de modelización ya resultan interesantes, no se ajustan a la realidad, pues los cambios no son uniformes territorialmente.

Consecuentemente, una de las aportaciones metodológicas de este trabajo ha sido la inclusión de una variable condicionante más, pero no para todos los usos del suelo e igual para toda la Costa Brava, sino ajustada a las variaciones territoriales de ámbito municipal. Si nada tienen que ver los crecimientos, por ejemplo, del espacio construido en poblaciones como Colera y Lloret de Mar, o el mantenimiento de los cultivos de Sant Pere Pescador, Castelló d'Empúries o Pals, la proyección de las variaciones futuras de éstos no se pueden mostrar ajenos a estas diferenciaciones. Así, las capas de restric-

2. Para revisar las restricciones para cada uso del suelo, consultar las páginas 415 y 416 de la tesis doctoral C. Martí (2005), *La transformació del paisatge litoral de la Costa Brava: Anàlisi de l'evolució (1956-2003), diagnosi de l'estat actual i prognosi de futur*, htpp://tdx.cbuc.es.

001-130 DAG 58-2.indd 44 12/03/2012 10:06:06

ciones para cada uno de los usos del suelo han sido otra vez ponderadas en función de la variación porcentual de dicho uso en cada municipio para el periodo temporal 1980-2003.

De ahí resulta una prognosis más ajustada a las posibles evoluciones reales, ya que las inercias socioeconómicas y territoriales de cada población tienden a prolongarse en el tiempo y a manifestarse notablemente distintas a pesar de la vecindad. Se ha repetido el proceso de simulación con las nuevas imágenes de restricción y se ha proyectado la prognosis del estado del mosaico paisajístico de la Costa Brava para dos momentos futuros: el año 2025 y el año 2050[3].

Cabe destacar que situaciones de profunda crisis como la iniciada en el año 2009 rompen cualquier tendencia seguida hasta el momento. Asimismo, la vigencia e inmersión en tal crisis hace imposible la identificación y medición de sus efectos y, aún menos, la caracterización de las nuevas tendencias que ésta generará en tiempos venideros. Con todo, los mapas resultantes esbozan un posible escenario futuro, el cual puede alimentarse con más variables condicionantes, con más especificidades locales detalladas y con nuevas dinámicas territoriales y ambientales en trabajos próximos.

Conclusiones

El estudio presentado ha permitido:

1. Efectuar un seguimiento de los intercambios entre los diferentes componentes del mosaico paisajístico.
2. Cuantificar las variaciones geográficas y temporales de los usos del suelo.
3. Identificar los factores responsables de los cambios.
4. Detectar, a partir de la secuencia de cambio en los usos (*Land use change sequence*) y de las matrices de conversión (*Land use conversion matrix*), las transiciones posibles entre los diferentes usos del suelo y los patrones de localización geográfica, y, por lo tanto, los modelos de comportamiento.
5. Evidenciar las repercusiones de estas dinámicas sobre la estructura paisajística.

La cuantificación del mosaico paisajístico de cada período y el detalle de la transferencia entre usos, a nivel regional y municipal, facilita la comprensión de las pautas de expansión urbanística y del modelo de transformación territorial. Los resultados cartográficos y estadísticos evidencian las variaciones ocurridas. Mientras la superficie ocupada por vegetación espontánea se ha mantenido casi invariable, el espacio artificializado se ha octuplicado, en su mayor parte a costa del espacio agrícola, uso que ha mermado un tercio su extensión.

3. Para la proyección del segundo periodo, se han aplicado veinticinco iteraciones y no veintitrés para redondear la previsión al año 2050.

001-130 DAG 58-2.indd 45 12/03/2012 10:06:06

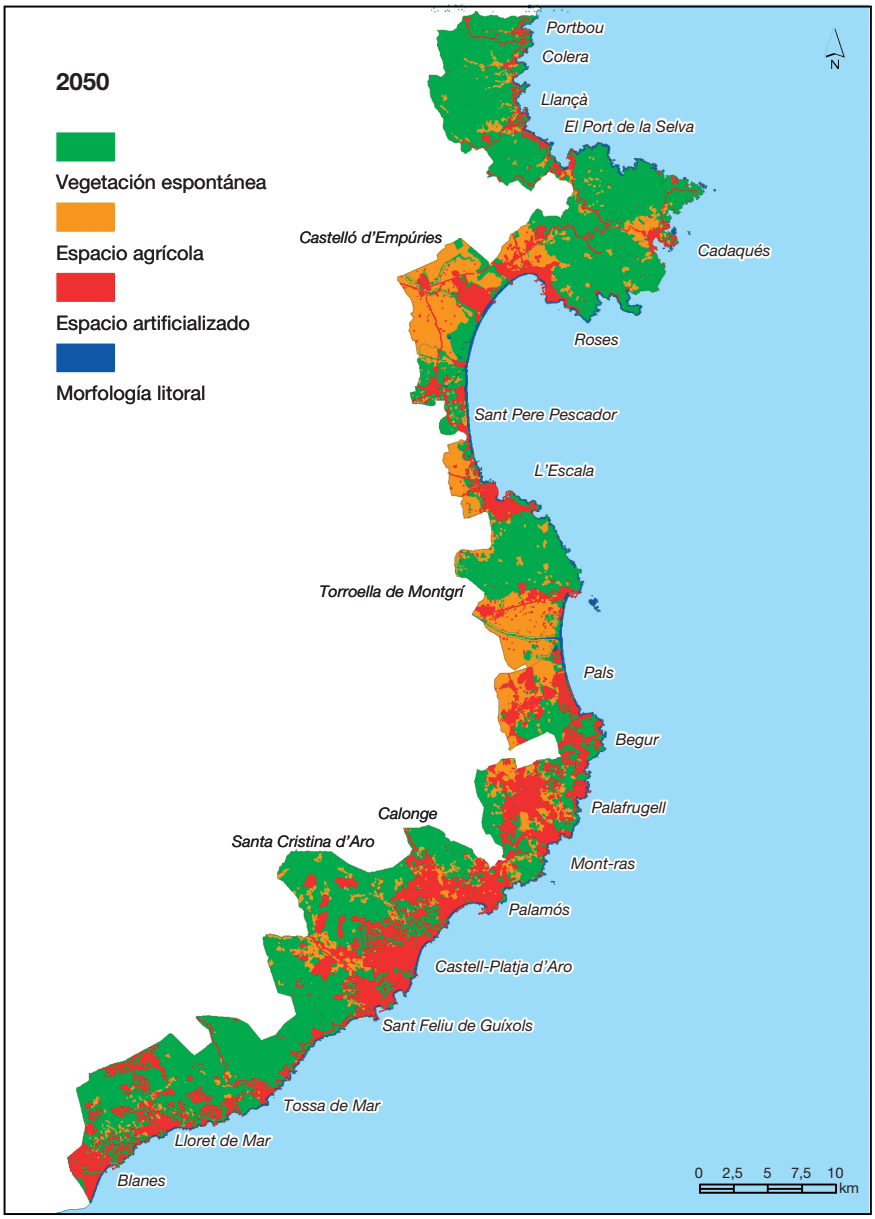

Figura 6. Prognosis de la situación del mosaico paisajístico de la Costa Brava en el año 2050.

001-130 DAG 58-2.indd 46 12/03/2012 10:06:07

La utilización del tercer nivel de la leyenda jerárquica ha permitido obtener con exactitud la modificación y/o la transformación de cada uso del suelo. Así, en la simplicidad de la cifra sobre la baja variación de la superficie de vegetación espontánea, no puede esconderse una dinámica interna compleja, donde han intervenido dos procesos opuestos:

a) Ha habido un aumento de la superficie forestal a costa de los campos de cultivo abandonados, sobre todo en los sectores de relieve abrupto y suelos escasos, como en el cabo de Creus o el macizo de Cadiretes-l'Ardenya.
b) Se ha producido una disminución del espacio ocupado por la vegetación espontánea debido a la expansión del espacio artificializado, principalmente por el crecimiento de urbanizaciones residenciales en las laderas montañosas, aunque también en la mayoría de frentes litorales, donde el desarrollo del modelo turístico de sol y playa hizo crecer los núcleos tradicionales y las urbanizaciones junto al mar. Igualmente, se ha comprobado que el proceso urbanizador ha afectado principalmente a aquellos cultivos en la periferia de los núcleos urbanos en expansión, así como los situados en las inmediaciones de la línea de costa donde la intensidad constructora ha sido superior. Asimismo, los cultivos más afectados han sido los herbáceos, pues, al estar ubicados en superficies de amplias dimensiones y llanas, han sido los terrenos preferidos para la construcción de extensas urbanizaciones. Las zonas litorales de Roses, Empuriabrava, l'Escala, Platja d'Aro, Lloret de Mar o S'Abanell, en Blanes, fueron las grandes perjudicadas.

La estructura del paisaje también ha cambiado sensiblemente. En la década de 1950, presentaba unos límites nítidos entre los diferentes usos del suelo. Se delimitaba con claridad donde terminaba la ciudad y donde comenzaba el campo. Los núcleos urbanos eran compactos. A su alrededor, el espacio agrícola ocupaba las tierras fértiles, tanto de los llanos más inmediatos como de las laderas de las montañas cercanas, donde, mediante muros de piedra seca, se conseguía ampliar la superficie cultivable. Los municipios localizados en las llanuras aluviales, con suelos de gran riqueza, explotaban grandes extensiones agrícolas. En estos lugares, la cubierta forestal quedaba reducida a las áreas más elevadas y envolvía la zona de los cultivos. En los municipios de relieve agreste, se explotaba el bosque para la extracción de leña y carbón vegetal, base energética de la mayoría de hogares hasta 1950. Pero desde entonces, por un lado, el cambio del modelo energético causó el progresivo abandono de los trabajos de carboneo y de obtención de leñas, y tal abandono del monte provocó una alta densificación de las masas forestales. Por otro lado, la antigua zonación se ha difuminado y de la compacidad de usos se ha pasado a un paisaje intensamente fragmentado. En la mayoría del territorio litoral de la Costa Brava, actualmente domina una intensa dispersión de los diferentes usos del suelo y se impone un paisaje donde, a menudo, se encuentran yuxtapuestos elementos discordantes que necesitan ser ordenados con urgencia.

001-130 DAG 58-2.indd 47 12/03/2012 10:06:07

Si se mantienen las tendencias actuales, los resultados de la matriz de transición calculada y las prognosis conseguidas para los escenarios futuros de los años 2025 y 2050 constatan:

1. El crecimiento de la vegetación espontánea en detrimento de los espacios agrícolas de mayor pendiente y menor tamaño.
2. La ampliación del espacio urbanizado a partir del relleno de los espacios intersticiales vacíos y de la progresiva conexión de los actuales espacios existentes aunque aislados entre sí.
3. La merma generalizada de suelos agrícolas, de manera que se mantienen exclusivamente las zonas agrícolas más fértiles, de estructura menos compartimentada y, por tanto, más rentables para la explotación de grandes superficies.
4. La consolidación del *continuum* urbano costero entre los municipios de la Costa Brava centro, Palamós, Calonge, Castell-Platja d'Aro, pero también Sant Feliu de Guíxols.
5. El reforzamiento de la dualidad «bosque *versus* construido», ya que los espacios agrícolas de amortiguación desaparecen y el espacio forestal y el espacio asignado a residencia entran en contacto directamente. Estas adyacencias se producen tanto en los entornos montañosos con las zonas de urbanizaciones, como en los ámbitos más llanos alrededor de los núcleos urbanos de la Costa Brava centro y sur.

Una tarea pendiente es la utilización de los resultados aquí presentados para establecer propuestas de gestión y diseñar otros modelos de desarrollo que hagan compatibles la explotación económica del territorio con la preservación del patrimonio natural y paisajístico. El desafío al que se enfrenta ahora el espacio litoral radica en saber armonizar el atractivo que aún mantiene y, por tanto, la capacidad de seguir rentabilizando el territorio con la conservación de los valores que se encuentran en la base de su poder de atracción originario: el paisaje y la calidad ambiental del espacio costero.

El paisaje es un algoritmo socioecológico (Folch, 2003). Es fruto de la cultura territorial de la sociedad y contiene una estructura física y funcional. La Costa Brava nació como marca turística dada su riqueza y diversidad paisajísticas. Las políticas desarrollistas estatales para el crecimiento económico del país (Rullan, 2008: 600-615), las políticas urbanísticas autonómicas, los sistemas de financiamiento municipal, más los afanes individuales de beneficios a corto plazo menospreciaron la valía ecológica y paisajística del territorio. El mosaico paisajístico ha sido la base territorial que ha sustentado el desarrollo, absolutamente mercantilista, de todas aquellas actividades que tienen en los espacios litorales su razón de ser o su ubicación preferente.

Ahora, cincuenta años después de iniciar aquella carrera turístico-constructiva, el paisaje litoral de la Costa Brava es una multitud de crecimientos irregulares, en una ocupación dispersa del territorio que genera una configuración fragmentada. El desbarajuste urbano (*urban sprawl*) de los últimos

001-130 DAG 58-2.indd 48 12/03/2012 10:06:07

cincuenta años ha minimizado, y a veces anulado, el valor paisajístico intrínseco que el territorio tenía inicialmente. El territorio ha absorbido los costes de nuestro aumento de calidad de vida, lo cual ha revertido en progresar en territorio pero perder en paisaje. La sociedad actual, sensible a estas pérdidas, ha aprendido a valorar el paisaje. El producto cultural de la valoración paisajística ha arraigado cuando la comunidad se ha dado cuenta y ha exigido que el territorio, además de ser el sustrato de actividades económicas, debe ser vivido y disfrutado. Así, a inicios del siglo XXI, se plantea la inminente necesidad de preservar el paisaje, intentando recuperar o restaurar aquellos ecosistemas emblemáticos típicos del paisaje tradicional que ayuden a rescatar las singularidades de cada región.

Referencias bibliográficas

Antrop, M. (1993). «The transformation of the Mediterranean landscapes: An experience of 25 years of observations». *Landscape and Urban Planning*, 24 (1-4), 3-13.

Baker, W.L. y Cai, Y. (1992). «The r.le programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system». *Landscape Ecology*, 7, 291-302.

Childress, W.M.; Crisafulli, C.M. y Rykiel, E.J. (1998). «Comparison of Markovian matrix models of a primary successional plant community». *Ecological Modelling*, 107 (1), 93-102.

Folch, R. (ed.) (2003). *El territorio como sistema: Conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona: Diputació de Barcelona.

Gustafson, E.J. y Parker, G.R. (1992). «Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern». *Landscape Ecology*, 7, 101-110.

Hargis, C.D.; Bissonette, J.A. y David, J.L. (1998). «The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation». *Landscape Ecology*, 13, 167-186.

Harris, L.D. (1984). *The fragmented forest: Island biogeographic theory and the preservation of biotic diversity*. Chicago: University of Chicago Press.

Jaeger, J.A.G. (2000). «Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation». *Landscape Ecology*, 15, 115-130.

Li, B.L. (1995). «Stability analysis of a nonhomogeneous Markovian landscape model». *Ecological Modelling*, 82 (3), 247-256.

Martí, C. (2005). *La transformació del paisatge litoral de la Costa Brava: Anàlisi de l'evolució (1956-2003), diagnosi de l'estat actual i prognosi de futur.* Tesi doctoral. Universitat de Girona: Institut de Medi Ambient.

Martí, C. y Pintó, J. (2003). «Metodologia d'anàlisi de la transformació del paisatge de la Costa Brava en els darrers 50 anys per mitjà dels canvis en els usos i les cobertes del sòl». *Actes del IV Congrés de Ciència del Paisatge*. Barcelona: EQUIP.

McGarigal, K. y Marks, B.J. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.* General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service. Portland: Pacific Northwest Research Station.

Pintó, J. (2000). «Bosc i territori. Una anàlisi des de la perspectiva de la Landscape Ecology». A: Gordi, J. (ed.). *Boscos i Territori*. Universitat de Girona: Càtedra de Geografia i Pensament Territorial.

001-130 DAG 58-2.indd 49 12/03/2012 10:06:07

Riitters, K.H.; O'Neill, R.V.; Hunsaker, C.T.; Wickham, J.D.; Yankee, D.H.; Timmins, S.P.; Jones, K.B. y Jackson, B.L. (1995). «A factor analysis of landscape pattern and structure metrics». *Landscape Ecology*, 10 (1), 23-39.

Rullan, O. (2008). «Reconversión y crecimiento de las zonas turísticas: Del fordismo al postfordismo». A: Troitiño, M.A. y García-Marchante (coord.). *Destinos turísticos: viejos problemas, ¿nuevas soluciones? X Coloquio de Geografía del Turismo, Ocio y Recreación (AGE)*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Turner II, B.L.; Skole, D.; Sanderson, S.; Fischer, G.; Fresco, L. y Leemans, R. (1995). *Land-use and land-cover Change Science/Research Plan*. IGBP Report nº 35, HDP Report nº 7. Estocolmo y Ginebra: International Geosphere-Biosphere Programme and the Human Dimension of Global Environmental Change Programme.

Turner, M.G. y Gardner, R.H. (eds.) (1991). *Quantitative Methods in Landscape Ecology.* Nueva York: Springer-Verlag.

001-130 DAG 58-2.indd 50 12/03/2012 10:06:07