

EL MAPA ECOLÓGICO DE BARCELONA: LOS CAMBIOS DE LA CIUDAD EN LAS ÚLTIMAS TRES DÉCADAS

BURRIEL MORENO, J. A.; IBÀÑEZ I MARTÍ, J. J.;
TERRADAS I SERRA, J.

CREAF

Facultat de Ciències Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)
j.angel@creaf.uab.cat

RESUMEN

Barcelona presenta una importante dinámica en su estructura urbana con repercusiones importantes en el medio ambiente. Para la gestión y la planificación a escala municipal, especialmente en grandes urbes como Barcelona, se precisa saber cómo se estructura la ciudad y cómo cambia en el tiempo.

El Mapa Ecológico de Barcelona (MEB), realizado por encargo de su ayuntamiento, es una herramienta que aporta información útil para la gestión y la planificación de la ciudad. En él, se diferencian, básicamente, zonas naturales, seminaturales, y zonas construidas. El MEB constituye una base para caracterizar las diferentes zonas ecológicas que componen el sistema urbano permitiendo, así, analizar la estructura de la ciudad, pero también estudiar qué repercusiones tiene en el metabolismo urbano y su impacto en el medio ambiente.

Existen dos ediciones del MEB, una de 1977 (Garza y Martín), y la otra de 1993 (CREAF). Ahora se presenta la tercera edición, elaborada en base a las imágenes más recientes de la zona, del año 2004 (Instituto Cartográfico de Cataluña). Este nuevo MEB recoge la estructura actual de Barcelona y, en consecuencia, permite analizar los cambios producidos los últimos años, y sus repercusiones ambientales.

Cabe destacar de esta nueva edición que las imágenes de base son ortoimágenes color a escala 1:5.000, y píxel de 0.5 m, lo cual permite trabajar en pantalla de ordenador a una escala aproximada de 1:1.800, mejorando la precisión planimétrica y temática de la serie; y que la leyenda jerárquica de cinco niveles, presenta casi 60 categorías en su máximo detalle, proporcionando una información desgranada de la ciudad. Además, el MEB se distribuye libremente en Internet: <http://www.mediambient.bcn.es/cat/mapa/MEB/Index.htm>. Por último, es de señalar que un producto como el MEB es muy poco habitual a escala municipal.

Palabras clave

Ecología urbana, Barcelona, SIG, cambios en los usos y las cubiertas del suelo.

ABSTRACT

The dynamic nature of urban growth in Barcelona has important repercussions on the environment. Management and planning on a municipal scale, especially in large cities like Barcelona, makes it imperative to know how the city is structured and how it changes over time.

The Ecological Map of Barcelona (MEB), commissioned by the Barcelona City Council, is a tool that provides useful information for the management and planning of the city. The map distinguishes between natural areas, semi-natural areas and built-up areas. The MEB serves as a base to identify the different ecological areas that make up the city. This makes it possible not only to analyse the city's structure, but to study the repercussions that the urban metabolism has and its impact on the environment.

There are two editions of the MEB, one from 1977 (Garza and Martín), and the other from 1993 (CREAF). The third edition is now being presented and has been produced using the most recent images of the area, taken in 2004 (Cartographic Institute of Catalonia). This new

MEB includes the current structure of Barcelona and makes it possible to analyse the changes that have occurred over the last few years, as well as their environmental repercussions.

It is worth pointing out that the images used in this new edition are colour orthoimages on a scale of 1:5000, and a pixel size of 0.5m. This makes it possible to work on a computer screen at a scale of approximately 1:1800, thus improving the planimetric and thematic precision of the series. The hierarchical legend has five levels and displays almost 60 categories at maximum detail providing detailed information about the city. Moreover, the MEB is available free on Internet at this address: <http://www.mediambient.bcn.es/cat/mapa/MEB/Index.htm>. Finally, it is worth mentioning that a product like the MEB is rarely found on a municipal scale.

Keywords

Urban ecology, Barcelona, GIS, land use and land cover changes.

1. INTRODUCCIÓN

Barcelona, como gran ciudad, presenta una importante dinámica con repercusiones en el medio ambiente y en su estructura urbana. Tanto desde el punto de vista del simple conocimiento como del de la gestión de la ciudad, es de gran utilidad saber cómo se estructura Barcelona y cómo ha cambiado a lo largo del tiempo.

El Mapa Ecológico de Barcelona (MEB) es una herramienta que aporta información de este cariz para la gestión de la ciudad. El MEB constituye una base para caracterizar las diferentes zonas ecológicas que componen el sistema urbano permitiendo, así, analizar la estructura de la ciudad. Se diferencian, básicamente, zonas naturales y seminaturales y zonas construidas, subdividiéndolas en diversas categorías. Por tanto, este mapa permite estudiar entre otras cosas qué repercusiones tiene en el metabolismo urbano la estructura urbana (Parés *et al.*, 1985, y Barracó *et al.*, 1999).

Actualmente existen dos ediciones del MEB, una hecha el año 1977 (Garza y Martín), y la otra a partir de imágenes de 1993 (CREAF). La disponibilidad de nuevas imágenes del año 2004 (Instituto Cartográfico de Cataluña, ICC) permite una tercera edición que recoja la nueva estructura de Barcelona y, en consecuencia, analizar los cambios producidos los últimos años; una serie temporal del MEB como ésta es pues de gran interés. Las características de esta nueva serie de imágenes (ortoimágenes color a escala 1:5.000, y píxel de 0.5 m, escala de trabajo 1:1.500) permite ofrecer un producto final de alta definición y calidad, cualidades poco habituales en trabajos de este tipo. Como también es poco frecuente encontrar mapas de las características del MEB a escala municipal, a pesar de su evidente interés (Freeman y Buck, 2003).

2. METODOLOGÍA

La tercera edición del MEB (MEB-3) posee características similares a las dos anteriores, sobre todo aquellas que permiten una buena comparación entre ediciones (más información sobre estas dos primeras ediciones del mapa se encuentra en Burriel *et al.*, 2000). Ahora bien, esta edición posee un conjunto de novedades que la hace más completa, precisa y fiable:

- Los materiales de base y de soporte más detallados planimétrica y temáticamente.
- La ampliación de la leyenda
- Bases de datos asociadas.
- Presentación de la cartografía.
- Control del nivel de error del mapa.
- Difusión de la información.

El MEB-3 mantiene, eso sí, como método de captura de la información la fotointerpretación y digitalización en pantalla, como formatos de salida el vectorial estructurado y ráster, y la utilización del SIG-MiraMon (Pons, 2006), así como su disponibilidad a través de Internet: <http://www.mediambient.bcn.es/cat/mapa/MEB/Index.htm>

2.1 Material de base

El material de base son las ortoimágenes 1:5.000 en color natural del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC), vuelo de 2004. Este material presenta dos ventajas:

- El nivel de detalle que proporcionan las imágenes 1:5.000 es muy superior al de las imágenes 1:25.000, debido a la diferencia de resolución entre imágenes: 0.5 m y 2.5 m de píxel, respectivamente (figura 1). A raíz de estas características, la escala de trabajo pasa de 1:3.000 en la versión de 1993, a una de 1:1.500 en la de 2004. De este modo, la fotointerpretación es más fácil y fiable.

- Mejora la resolución planimétrica del Mapa ecológico, puesto que mientras la edición de 1993 tiene la de las ortoimágenes 1:25.000, la actualización tiene la del material 1:5.000, pudiéndose considerar que en esta nueva versión la mayoría de puntos tienen un error de posicionamiento inferior a los 2 m.

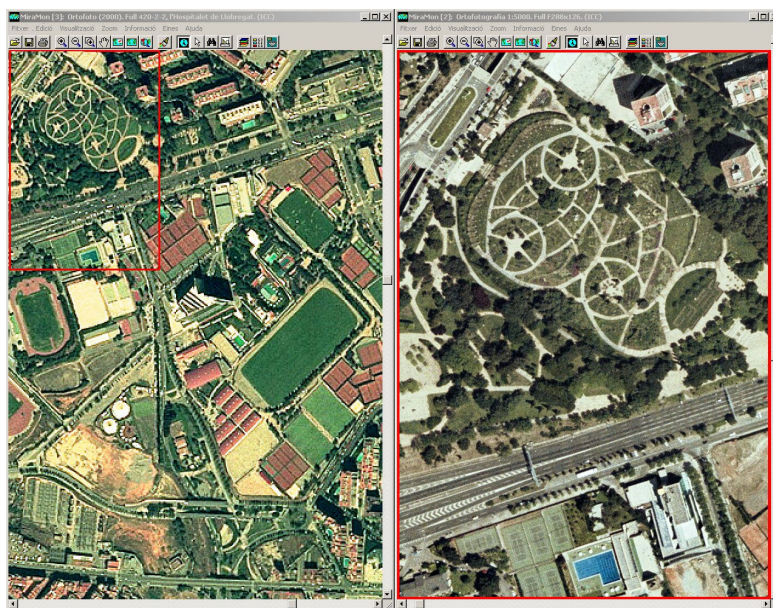


Figura 1. Izquierda, ortoimagen 1:25.000, a escala de trabajo 1:3.000; derecha, ortoimagen 1:5.000, a escala de trabajo 1:1.500, y ámbito correspondiente al rectángulo impreso sobre la ortoimagen 1:25.000. Obsérvese el elevado nivel de detalle de la ortoimagen 1:5.000 en comparación con la 1:25.000.

Fuente: Elaboración propia.

Estas características de definición y de resolución planimétrica permiten detallar objetos muy pequeños (la superficie mínima es de 500 m², es decir, 10 m o más de ancho, y 50 m o más de largo), abundantes en zonas urbanas como es el caso de Barcelona. Tal sería el caso de zonas verdes como son los parterres, o de balsas y estanques.

Tabla 1 (continúa). Nuevos niveles de la leyenda jerárquica de la tercera edición del Mapa ecológico de Barcelona, y paleta de colores de la misma.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	Paleta
Verde natural	Bosque	Encinar	
		Robledal	
		Pinar de pino carrasco	
		Pinar de pino piñonero	
		Plantación de coníferas no autóctonas	
		Plantación de plátanos	
	Matorral	Matorral	
	Vegetación de ribera	Vegetación de ribera	
Zona natural sin vegetación	Prado	Prado	
		Roquedo	
	Roquedo o suelo denudado forestal	Suelo denudado forestal	
		Cauce natural	
Aguas naturales	Cauce natural	Cauce natural	
		Playa	
	Playa	Playa	
Aguas urbanas	Aguas continentales	Estanque natural	
		Río	
	Zona marítima municipal	Zona marítima municipal	
Cultivo	Cultivo	Cultivo herbáceo	
		Cultivo leñoso (no viña)	
		Viña	
		Invernadero	
Cultivo abandonado	Cultivo abandonado	Cultivo abandonado	
Verde urbano	Zona verde	Parque, jardín, parterre	
		Otras zonas verdes	
	Césped de zona deportiva	Césped de zona deportiva	
Aguas urbanas	Piscina, balsa, estanque artificial	Piscina	
		Balsa, estanque artificial	
Urbanizado laxo	Vivienda 1-2 familias con huerto o jardín pequeño	Vivienda 1-2 familias con huerto o jardín pequeño	
	Vivienda 1-2 familias con jardín grande	Vivienda 1-2 familias con jardín grande	
	Gran propiedad con edificaciones aisladas	Gran propiedad con edificaciones aisladas	
Urbanizado denso o de uso intenso	Edificio diversas plantas con jardín	Edificio diversas plantas con jardín	
	Densamente construido con espacios verdes	Densamente construido con espacios verdes	
	Densamente construido sin espacios verdes	Casco antiguo	
		Ensanche	
		Otras viviendas densamente construidas	
		Gran conjunto de inmuebles elevados	
	Industria, taller, almacén	Rascacielos	
		Industria, taller, almacén	
	Zona portuaria	Zona portuaria	
	Gran zona comercial	Gran zona comercial	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1 (continuación). Nuevos niveles de la leyenda jerárquica de la tercera edición del Mapa ecológico de Barcelona, y paleta de colores de la misma.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	Paleta
Urbanizado denso o de uso intenso	Edificio de uso público	Mercado	
		Centro de enseñanza	
		Hospital	
		Zona deportiva	
		Estación terrestre o marítima de pasajeros	
		Prisión	
		Edificio monumental	
		Cementerio	
		Cuartel militar	
Zona de uso intenso sin edificar	Aparcamiento y cochera	Aparcamiento y cochera	
	Viario principal	Autopista y autovía	
		Carreteras	
		Vía urbana principal	
	Área de peatones	Área de peatones	
	Zona ferroviaria	Zona ferroviaria	
	Vertedero de basuras	Vertedero de basuras	
	Zona de extracción minera (canteras)	Zona de extracción minera (canteras)	
	Zona sin edificar o en transformación	Zona en transformación	
		Solar sin edificar	

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Ampliación de la leyenda

Gracias a la mejor resolución de las imágenes, los cambios acaecidos en la ciudad, y la experiencia adquirida en estos años, se ha ampliado la leyenda para recoger mejor la realidad de las zonas ecológicas. Se establecen tres nuevos niveles jerárquicos de leyenda (tabla 1)

- El nivel 3 tiene 58 categorías, de las cuales 37 son estrictamente urbanas, 16 son forestales (9 de ellas, referidas a la vegetación), y 5 son agrícolas. Esta leyenda proviene de la subdivisión de la leyenda original del MEB, pero también tiene en cuenta el nivel 3 de la leyenda del mapa de cubiertas CORINE (European Environment Agency, 1995) aunque con una resolución 50 veces superior, y el nivel 3 de la leyenda del Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña (Burriel *et al.*, 2005).

- El nivel 2 posee 31 categorías, agrupaciones de las categorías del nivel 3.

- El nivel 1 contiene 10 categorías, agrupaciones del nivel 2, y corresponde a los principales tipos de zonas ecológicas.

Además, para hacer posible la comparación entre ediciones, hay dos niveles más de leyenda (tabla 2) obtenidos por simplificación del nivel 3 de la leyenda del MEB-3 y de la leyenda original del MEB-1 (para ampliar la información sobre esta leyenda, consúltase Parés *et al.*, 1985)

- El nivel común tiene 28 categorías.
- El nivel simplificado, también común para las tres ediciones del Mapa, con 9 categorías.

2.3 Material de apoyo

Las capas de información geográfica más utilizadas como asistencia en la fotointerpretación han sido:

- Guía urbana de Barcelona (Instituto Municipal de Informática, Ayuntamiento de Barcelona)
- Mapa de usos del suelo del Área Metropolitana de Barcelona (Barcelona Regional)
- Mapa topográfico de Cataluña a escala 1:5000 (ICC)
- Cartografía de los Hábitats de Cataluña (Unidad de Botánica de la Universidad de Barcelona)
- Mapa de Vegetación de Collserola (Consorcio del Parque de Collserola)

También se empleó como soporte durante la fotointerpretación, información disponible en Internet:

- Callejero fotográfico de QDQ (<http://www.qdq.com>)
- Diagramas de rascacielos de SkyscraperPage (<http://skyscraperpage.com>)

2.4 Nuevas bases de datos asociadas

La base vectorial obtenida se relaciona con siete bases de datos externas consultables, cinco de ellas contienen las zonas ecológicas y la suma de superficies según los cinco niveles de la leyenda del MEB-3, y las otras dos a la estructura del paisaje. Estas bases se calculan automáticamente durante el proceso de estructuración topológica de la información, mediante consultas SQL a la base de datos asociada a la base gráfica. En el mismo proceso, se crean hipervínculos o enlaces hacia estas bases contenidos en la base de datos principal (la relacionada con la información gráfica). De esta manera, y cuando se realiza una consulta por localización en el formato vectorial del MEB-3 mediante el SIG-MiraMon, en el cajetín de información del programa aparecen estos hipervínculos que permiten acceder a las tablas resumen (figura 2).

En cuanto a la información referida a la estructura del paisaje, las bases contienen varios índices descriptores de la misma (para una descripción detallada de estos índices, consúltase Pascual y Boladeras, 2004). Con ello se pretende describir de manera sucinta la estructura del paisaje a nivel municipal, aunque también es posible calcular los índices para cualquier otro ámbito dentro del municipio. Los indicadores de la estructura del paisaje incluidos en el MEB son: número de teselas (polígonos) a nivel global y por zonas ecológicas; número de clases (categorías); tamaño de grano del paisaje (para el conjunto del paisaje y para cada tipo de zona ecológica, en m²) expresado por las áreas mínima, máxima y promedio, y por la desviación estándar del área; índice de Shannon-Weaver, e índice de Equidad, a nivel global y por zonas ecológicas.

2.5 Novedades en la presentación de la cartografía

El MEB-3 tanto a nivel municipal como de distrito se ajusta en su representación, a una serie cartográfica. La serie cartográfica es un conjunto de entidades cartográficas a

una misma escala que cubren, adyacentemente, la totalidad de un territorio desde un mismo punto de vista (topografía, vegetación, geología, etc.), en el caso del MEB desde el punto de vista de zonas ecológicas. Con la serie cartográfica, se definen unas características de representación, comunes y prefijadas como son la escala, las categorías mostradas en la leyenda, o la paleta de colores que asignar a los polígonos según el tipo de zona ecológica.

Por otra parte, la serie se ha confeccionado de forma que sea posible imprimir cada hoja del MEB-3 con las mismas características, a escala y en una hoja DIN A4 en cualquier impresora estándar y de manera prácticamente automática con el SIG-MiraMon o con su visor, el Lector de Mapas de MiraMon (de difusión gratuita, desde www.creaf.uab.es/miramon/mmr/cat).

Tabla 2. Niveles comunes de la leyenda jerárquica del Mapa ecológico de Barcelona.

NIVEL SIMPLIFICADO	NIVEL COMÚN
Verde natural-bosque	Bosque
Verde natural-matorral	Matorral
	Vegetación de ribera
Zona natural sin vegetación	Playa
	Río
	Zona marítima municipal
Cultivo	Cultivo
Yermo	Terreno yermo, cultivo abandonado, solar sin edificar
Verde urbano	Parque, jardín, parterre
	Otras zonas verdes
	Césped de zona deportiva
Urbanizado laxo	Vivienda 1-2 familias con huerto o jardín
	Vivienda 1-2 familias con jardín grande
	Gran propiedad con edificaciones aisladas
Urbanizado denso o de uso intenso	Edificio diversas plantas con jardín
	Densamente construido con espacios verdes
	Densamente construido sin espacios verdes
	Gran conjunto de inmuebles elevados
	Industria, taller, almacén
	Zona portuaria
	Zona militar
	Zona ferroviaria
	Vertedero de basuras
	Zona de extracción minera (canteras)
	Grandes zonas en transformación
	Piscina, balsa, estanque
	Otras zonas urbanas (viario...)

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Control del nivel de error del mapa

Para controlar el nivel de error del MEB-3, se han obtenido al azar mil puntos de muestreo y se ha evaluado en gabinete el grado de acierto del mapa.

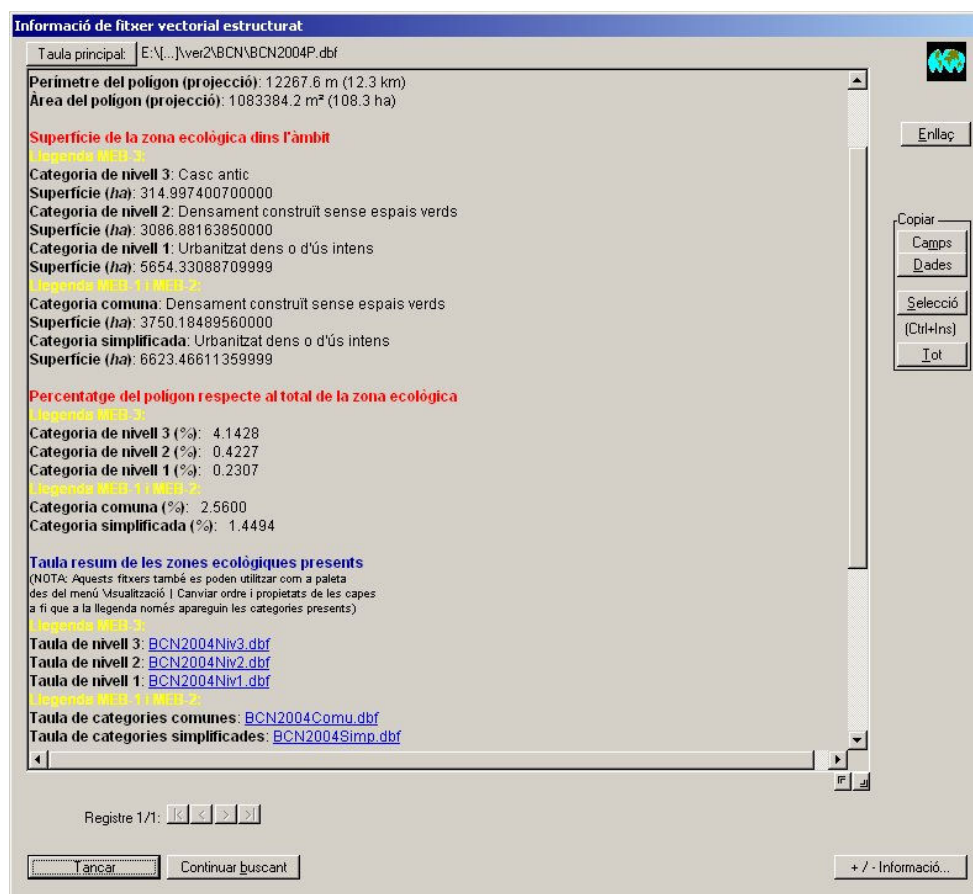


Figura 2. Cajetín de información de un polígono de casco antiguo correspondiente al MEB-3 en el SIG-MiraMon. Además de la información básica que proporciona el mismo programa, como es el perímetro y el área, se proporciona la superficie y el porcentaje del polígono respecto a la zona ecológica en el municipio, según el nivel de la leyenda jerárquica del MEB. También aparecen enlaces a las tablas resumen de las zonas ecológicas presentes en el municipio, según el nivel de la leyenda jerárquica del MEB.

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Difusión de la información

Al igual que las dos primeras ediciones del MEB, el MEB-3 también está disponible en Internet (<http://www.mediambient.bcn.es/cat/mapa/MEB/Index.htm>)

3. RESULTADOS

3.1 Superficies de las zonas ecológicas

El mapa de las zonas ecológicas de Barcelona para el año 2004 es el que se presenta en la figura 3. La tabla que se obtiene de la consulta a la base de datos asociada a la base gráfica del mapa proporciona la superficie de cada una de las zonas ecológicas del nivel 3 de la leyenda del MEB-3 (tabla 3). La zona ecológica más extensa en Barcelona, ocupando casi un 20% de la superficie, es la correspondiente a las “Otras viviendas densamente construidas”, es decir, aquellas que no se clasifican ni como “Casco antiguo” ni como “Ensanche”. La segunda zona más extensa es “Industria, taller, almacén” con un 11%. La tercera, y primera de las categorías forestales, es la de “Pinares de pino carrasco”, con casi un 10%.

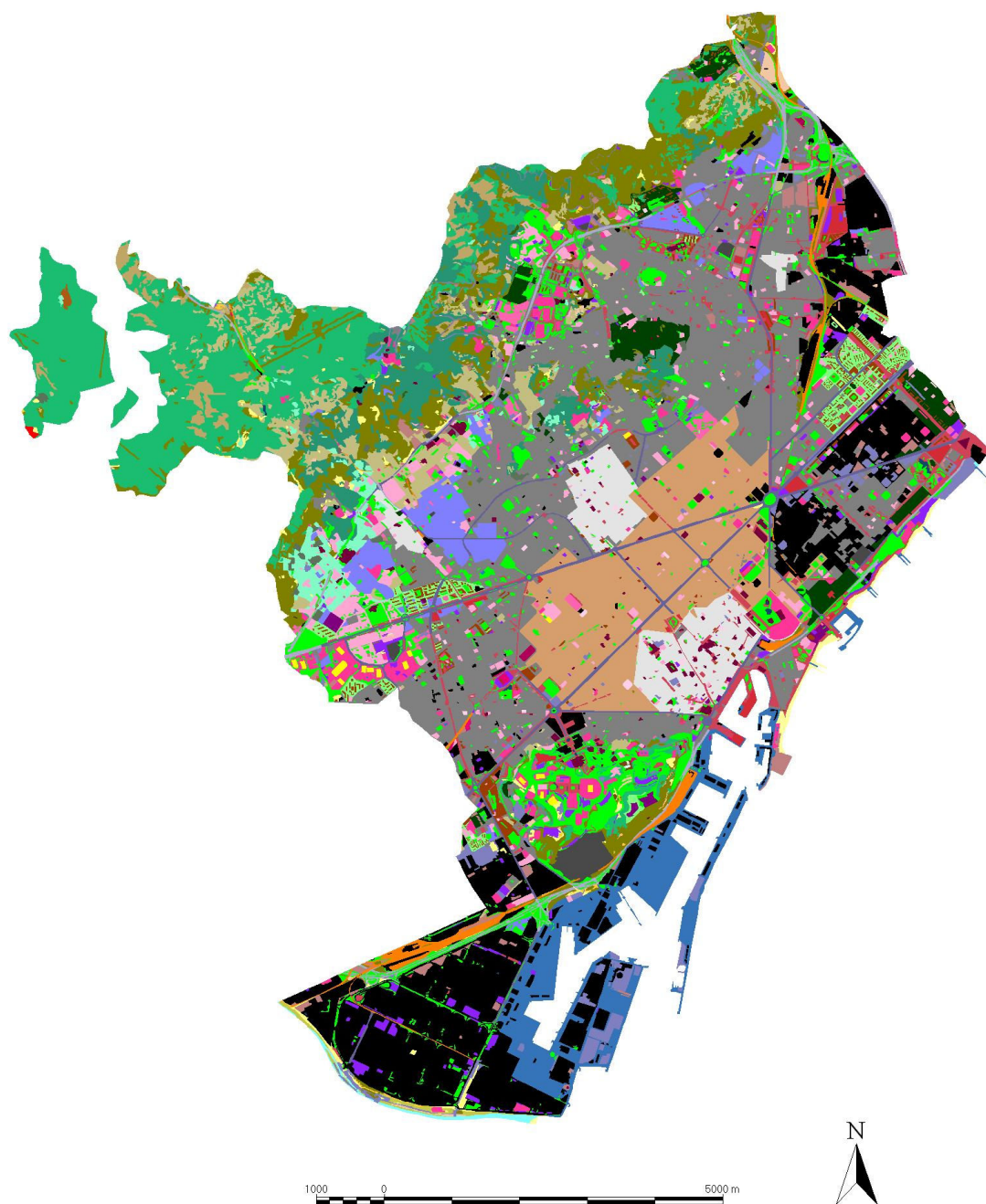


Figura 3. Mapa ecológico de Barcelona, tercera edición (2004). La paleta de colores está basada en el tercer nivel de la leyenda jerárquica (para la correspondencia de colores y categorías, véase la tabla 1).

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Control del nivel de error del mapa

El error estimado en la tercera edición del Mapa ecológico para el nivel 3 de la leyenda jerárquica, es del 4.5%.

3.3 Cambios en las zonas ecológicas

Además de definir el estado actual de la ciudad desde el punto de sus zonas ecológicas, realizar una nueva edición del MEB tiene el interés que permite comparar con las situaciones pasadas reflejadas en las anteriores ediciones del MEB (figura 4).

Para facilitar la interpretación, esta comparación se ha basado en el nivel simplificado de la leyenda común a las tres ediciones del MEB.

Tabla 3 (continúa). Superficies de las zonas ecológicas de Barcelona calculadas según el nivel 3 de la leyenda de la tercera edición del Mapa ecológico de Barcelona.

Zonas ecológicas (nivel 3 de la leyenda)	Superficie (ha)
Encinar	92.86
Pinar de pino carrasco	975.86
Pinar de pino piñonero	341.76
Plantación de coníferas no autóctonas	1.25
Matorral	642.85
Vegetación de ribera	14.81
Prado	53.78
Roquedo	1.26
Suelo denudado forestal	7.93
Playa	23.23
Estanque natural	0.10
Río	18.62
Cultivo herbáceo	21.31
Cultivo leñoso (no viña)	3.79
Viña	3.07
Invernadero	1.09
Parque, jardín, parterre	628.33
Otras zonas verdes	111.10
Césped de zona deportiva	15.87
Piscina	3.22
Balsa, estanque artificial	6.27
Vivienda 1-2 familias con huerto o jardín pequeño	302.65
Vivienda 1-2 familias con jardín grande	99.19
Gran propiedad con edificaciones aisladas	22.98
Edificio diversas plantas con jardín	209.00
Densamente construido con espacios verdes	180.13
Casco antiguo	315.00
Ensanche	709.40
Otras viviendas densamente construidas	1961.95
Gran conjunto de inmuebles elevados	99.08
Rascacielos	1.46
Industria, taller, almacén	1142.46
Zona portuaria	376.71
Gran zona comercial	37.71
Mercado	10.62
Centro de enseñanza	219.55
Hospital	46.95
Zona deportiva	205.09
Estación terrestre o marítima de pasajeros	5.75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 (continuación). Superficies de las zonas ecológicas de Barcelona calculadas según el nivel 3 de la leyenda de la tercera edición del Mapa ecológico de Barcelona.

Zonas ecológicas (nivel 3 de la leyenda)	Superficie (ha)
Prisión	3.89
Edificio monumental	58.66
Cementerio	55.24
Cuartel militar	15.69
Aparcamiento y cochera	118.93
Autopista y autovía	101.60
Carreteras	15.25
Vía urbana principal	184.87
Área de peatones	289.94
Zona ferroviaria	90.04
Zona de extracción minera (canteras)	1.82
Zona en transformación	157.19
Solar sin edificar	113.79

Fuente: Elaboración propia.

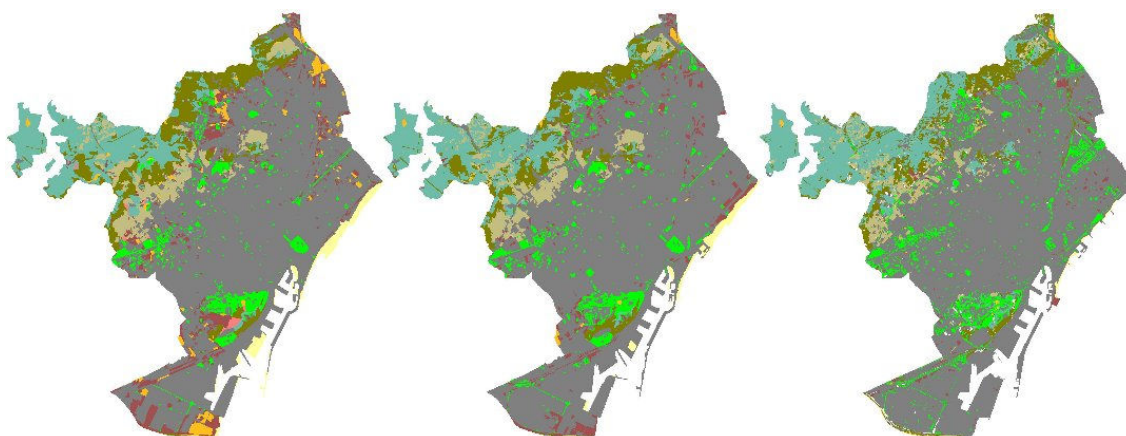


Figura 4. Cambios en las zonas ecológicas de Barcelona. El mapa de la izquierda corresponde al año 1977, el del centro al 1993, y el de la derecha a 2004. Se representa el nivel simplificado común a las tres ediciones del Mapa.

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 5, en términos absolutos la zona ecológica que más ha crecido en superficie en el periodo 1977-2004 ha sido la de “Urbanizado denso o de uso intenso”, con un aumento de 595 ha, seguido del “Verde natural - bosque” con 300, y del “Verde urbano” con 252 ha. En cambio, la categoría que más ha disminuido en superficie ha sido la de “Solar sin edificar”, con 480 ha, seguida de “Cultivo” y “Verde natural - matorral”, ambas con un descenso de unas 227 ha; finalmente, las que menos han disminuido han sido “Zona natural sin vegetación” con 152 ha y “Urbanizado laxo” con 112 ha.

No se observa lo mismo en términos relativos. Así, el “Verde urbano” es la zona ecológica que más ha crecido, con un 50% más respecto a su superficie inicial, a continuación aparece el “Verde natural - bosque” con un 27% más, y finalmente el “Urbanizado denso o de uso intenso”, con un aumento del 10%. Por otro lado, la categoría que relativamente ha disminuido más corresponde a “Cultivo” con un 89% menos de áreas cultivadas, después es la de “Solar sin edificar”, con el 81% menos que

la superficie inicial, seguida de “Zona natural sin vegetación” con el 78% menos; descensos menos importantes relativamente son los registrados por “Verde natural - matorral”, con el 26% menos de matorrales y “Urbanizado laxo” con un 21% menos.

3.3 Estructura del paisaje

Gracias a las tablas que contienen los índices descriptores del paisaje, se puede observar la diferente estructura del paisaje barcelonés según la zona de la ciudad. En el presente artículo, utilizamos como ejemplo la diferente estructura según los distritos en que está dividido el municipio de Barcelona (figura 6)

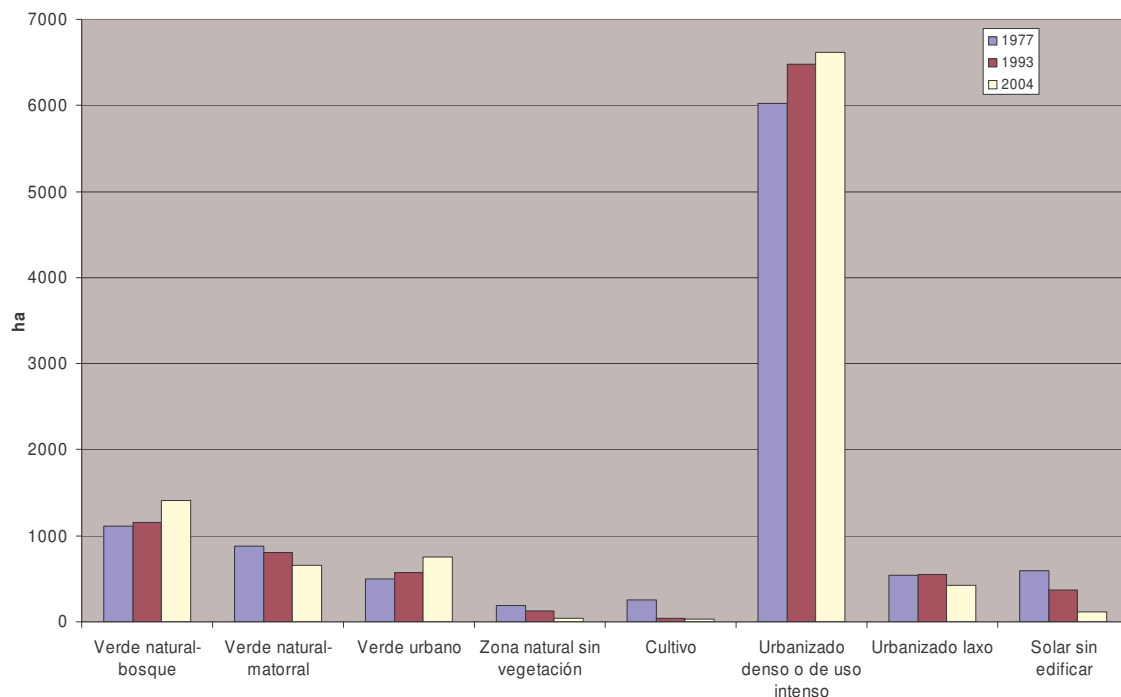


Figura 5. Cambios en las zonas ecológicas de Barcelona (1977-2004)

Fuente: Elaboración propia.

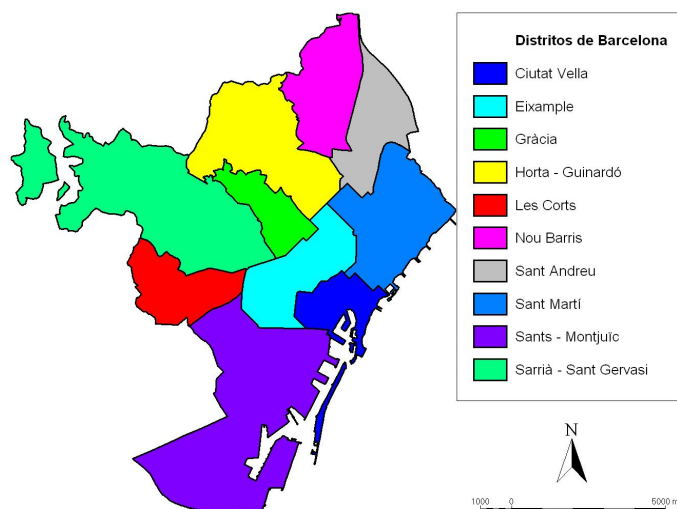


Figura 6. División en distritos del municipio de Barcelona

Fuente: Elaboración Instituto Municipal de Informática del Ayuntamiento de Barcelona.

Como se observa en la tabla 4, hay diferencias importantes en cuanto a estructura del paisaje entre distritos. En cuanto al número de teselas, si bien es cierto que está relacionado con la superficie que ocupa cada distrito, algunos presentan proporcionalmente más o menos polígonos: este es el caso de Nou Barris, con una extensión similar a Eixample pero con más teselas, lo que significa más fragmentación que este último. Siguiendo con este ejemplo, en Nou Barris aparecen más zonas ecológicas (categorías) que en Eixample. Estas diferencias explican que la diversidad de zonas ecológicas, medida mediante el índice de Shannon-Weaver, sea mucho mayor en Nou Barris que en Eixample, distrito con la menor diversidad de zonas ecológicas de toda Barcelona. Sin embargo, el máximo de diversidad en Barcelona lo ostenta Les Corts, con una fragmentación importante de las zonas ecológicas y un número alto de categorías.

Tabla 4. Índices descriptores del paisaje para Barcelona y sus distritos.

Distritos	Superficie (ha)	Teselas (polígonos)	Categorías	Área promedio (ha)	Shannon-Weaver	Equidad
Ciutat Vella	456.3	278	28	1.64	2.30	0.0820
Eixample	745.9	228	22	3.27	0.92	0.0419
Gràcia	417.2	292	32	1.43	2.22	0.0694
Horta - Guinardó	1191.4	913	35	1.30	2.40	0.0687
Les Corts	604.4	550	34	1.10	2.71	0.0798
Nou Barris	799.0	642	34	1.24	2.31	0.0680
Sant Andreu	663.0	343	32	1.93	2.06	0.0645
Sant Martí	1023.7	756	29	1.35	2.49	0.0857
Sants - Montjuïc	2214.1	1166	41	1.90	2.39	0.0584
Sarrià - Sant Gervasi	2005.9	775	40	2.59	2.18	0.0545
Barcelona	10121.0	5682	52	1.78	2.96	0.0570

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Las zonas ecológicas de tipo urbano más abundantes en Barcelona corresponden a la ocupación de uso más intenso del suelo y de más impacto ambiental, como son las viviendas densamente construidas y las industrias. Esta ocupación intensa del suelo ha ido creciendo en el periodo 1977-2004, fundamentalmente a partir de solares sin edificar y zonas de cultivo, aunque no puede ignorarse que en el periodo 1993-2004 una parte del urbanizado laxo se ha densificado.

Las zonas ecológicas de tipo natural tienen en conjunto un ligero aumento en el lapso de tiempo considerado. Se produce, eso sí, un aumento relativamente importante de los bosques, en parte explicable por el crecimiento de los árboles presentes en los matorrales pasando a dominar sobre la formación arbustiva, y en parte por las repoblaciones efectuadas.

Las zonas verdes han aumentado de manera importante su presencia, en general por el aprovechamiento de solares sin edificar. Esta categoría no incluye las filas de árboles plantadas en aceras, de manera que la superficie de verde plantada en la ciudad es en realidad mayor.

Los cultivos se han convertido casi en una zona ecológica testimonial, prácticamente reducida a viveros municipales.

El descenso de las zonas naturales sin vegetación se explica en buena parte por la expansión del puerto a partir de las aguas marinas de ámbito municipal.

Sin llegar todavía a su extinción, los solares sin edificar representan la última y escasa zona de crecimiento urbano, ya sea para nuevas zonas verdes o para nuevas construcciones. La escasez actual de estos terrenos sin ocupar ya no permite mantener el mismo crecimiento respecto a años anteriores.

Finalmente, cabe señalar que la tasa de error del MEB-3, inferior al 5%, está en la línea por ejemplo de cartografías como el Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña que, con número y tipo parecido de categorías y metodología similar, presenta una tasa de error del 3% para el Área Metropolitana de Barcelona (Burriel *et al.*, 2005). Este hecho otorga un buen margen de confianza en la determinación de zonas ecológicas a la tercera edición del Mapa ecológico de Barcelona.

AGRADECIMIENTOS

A O. Boet, M. Deu, C. Guerrero, R. Isern, E. Moltó y X. Roijals, del equipo de fotointerpretación del CREAM, sin cuyo trabajo este artículo habría sido imposible.

El proyecto de actualización del MEB encargado por Servicios Urbanos y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Barcelona ha permitido realizar el presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Barracó, H.; Parés, M.; Prat, A.; y Terradas, J. Barcelona (1999): *1985-1999. Ecologia d'una ciutat*. Barcelona, Comissió de Medi Ambient i Serveis Urbans de l'Ajuntament de Barcelona.
- Burriel, J.A.; Ibáñez, J.J.; y Pons, X. (2005) Segunda edición del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña: Herramienta para la gestión sostenible del territorio. *Libro de resúmenes, conferencias y ponencias del IV Congreso Forestal Español*, edición en CD-ROM, artículo 119. Zaragoza.
- Burriel, J.A.; Pons, X.; y Terradas, J. (2000). *El mapa ecològic de Barcelona*. Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona.
- European Environment Agency (1995): "CORINE land cover". Disponible en: <http://www.eea.eu.int>. Visitado en Mayo 2006.
- Freeman, C.; y Oliver, B. (2003): *Development of an ecological mapping methodology for urban areas in New Zealand*. Landscape and Urban Planning 63 (2003) 161–173.
- Parés, M.; Pou, G.; y Terradas, J. (1985): *Ecologia d'una ciutat: Barcelona*. Colección "Descobrir el medi urbà". Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona - Publicaciones.
- Pascual, S.; y Boladeras, S. (2004): Anàlisi de l'estructura del paisatge de la Regió Metropolitana de Barcelona a partir del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) de l'any 2000. En: *Màster en Teledetecció i Sistemes d'Informació Geogràfica 02/03. Projectes dels alumnes*. Barcelona, Institut d'Estudis Espacials de Catalunya. ISBN: 84-932915-2-8.
- Pons, X. (2006): *MiraMon. Geographic Information System and Remote Sensing software*. Bellaterra, CREAM. ISBN: 84-931323-5-7.