

## **CARTOGRAFÍA DE LOS CAMBIOS EN LAS CUBIERTAS ARTIFICIALES DE LA COMUNIDAD DE MADRID-ESPAÑA (1987-1997).**

**Aldana D. Angnes T.\***

### **RESUMEN**

Como un aporte al conocimiento sobre los cambios ocurridos en las cubiertas urbanas, industriales y extractivas de la Comunidad de Madrid-España, durante el período 1987-1997, se desarrolló el presente trabajo utilizando las funciones que en materia de medición y análisis de cambios ofrece el Sistema de Información Geográfica Idrisi y las funciones de diseño cartográfico del sistema ArcView.

Los cambios en la cobertura de la tierra ocurrida en la Comunidad de Madrid durante el período de análisis y sus signos de estabilidad, parecen expresar la intensificación y/o agudización de procesos iniciados en épocas anteriores. Apreciándose como aspectos resaltantes un incremento del 5,33% en las áreas urbanas a expensas de los cultivos de secano fundamentalmente, así como también un 1,18% de incrementos en las superficies industriales.

**Palabras Clave:** Cambios espaciales, SIG.

---

\*Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.

## **MAPPING OF THE ARTIFICIAL COVER CHANGES IN THE COMMUNITY OF MADRID – SPAIN (1977 – 1997)**

**Aldana D. Angnes T.\***

### **ABSTRACT**

This work was developed using Idrisi Geographical Information System's measurement and change analysis functions and ArcView's design and cartographical composition functions as a contribution to the acknowledgement of the Community of Madrid's urban, industrial and extractive covers change's from 1987 to 1997.

Land cover changes that occurred in the Community of Madrid during the analysis period and its stability signs seem to express the intensification and/or acuteness of processes initiated in previous times. A 5,33% increase in the urban areas mainly at the expense of unirrigated land, as well as an 1,18% increase on the industrial surfaces can be seen.

**Key Words:** Land cover change, GIS.

---

\*Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

El hombre, en su proceso de desenvolvimiento ha ocupado la superficie terrestre desarrollando diversas actividades y con variada intensidad, ocasionando en algunos casos un deterioro irreversible del medio y colocando en peligro la vida sobre el planeta.

El interés por subsanar el daño generado sobre la naturaleza, se manifiesta en los últimos años en los esfuerzos multidisciplinarios por integrar los componentes ambientales, sociales y económicos para generar información de apoyo a la toma de decisiones, orientadas a favorecer el crecimiento económico, mejorar las condiciones de vida de la población y mantener la sostenibilidad de los recursos naturales.

Las investigaciones sobre cambios en la cobertura de la tierra, aportan datos significativos para la gestión de los recursos, en tanto que permiten cuantificar las cubiertas naturales, agrícolas y artificiales que tienden a extenderse sobre el espacio a expensas de las pérdidas de otras y entre otros aspectos, deducir e identificar algunos de los factores que generan los cambios.

Iniciativas de investigación que tratan el tema, han sido emprendidas bajo distintos enfoques metodológicos y uso de técnicas automatizadas o no, a partir del análisis y evaluación del comportamiento de variables con diversos grados de complejidad y número, las cuales son seleccionadas con base en criterios ecológicos, económicos, sociales o geográficos, para múltiples fines y a diversas escalas. No obstante, algunos autores remarcan la tendencia en la mayoría de los trabajos de orientarse principalmente a escala global y local más que a escala regional, como es el caso de las investigaciones sobre la Comunidad de Madrid, España (García, 2000; Navarro, 2000), desarrolladas fundamentalmente sobre algunos sectores de la misma, tales como el sureste (Sancho et al, 1993; Sancho et al, 1995; Castro y García-Abad, 1993), el valle medio del Jarama (Palacios, 1994) y el alto valle del Lozoya (Palomar, 1998).

Caso contrario, se aprecia en la literatura pocos estudios sobre la totalidad del territorio madrileño, contándose con el trabajo de Zárate et al (1998), quienes abordan el tema desde una perspectiva ecológica cubriendo el período 1956-1991, y los trabajos geográficos de Otero (1993) para la década 1972-1982, y de Serrano (2001) durante el lapso 1987-1997, quien particularmente detecta con un SIG vectorial, los cambios ocurridos sobre las áreas urbanas ubicadas a lo largo y en las cercanías de los 6 principales ejes viales y radiales que integran la

Comunidad de Madrid (Burgos, La Coruña, Barcelona, Valencia, Extremadura y Andalucía), utilizando fuentes de datos como el mapa Corine de 1987 y el mapa de cobertura de la tierra, elaborado por la autora mediante la interpretación de imágenes Landsat del año 1997.

En este sentido, considerando el mismo período de tiempo analizado por Serrano (2001), la base de datos Corine para el año 1987 y una base de datos distinta sobre la cobertura de la tierra del año 1997, con la finalidad de ampliar el contexto de detección de cambios a las cubiertas urbanas, industriales, comerciales y extractivas desplegadas en toda la extensión del territorio madrileño y como un aporte al conocimiento en la materia sobre la Comunidad de Madrid, se desarrolló el presente trabajo utilizando las funciones que en materia de medición y análisis de cambios, ofrece el Sistema de Información Geográfica Idrisi.

Por otra parte, bajo el sistema ArcView, no sólo se diseñaron los productos cartográficos concernientes a los cambios en las cubiertas urbanas, industriales y extractivas, tomando en cuenta los principios de la corriente comunicacional de la Cartografía Temática; sino también, a partir de los datos aportados por las tablas de atributos asociadas a los mapas elaborados, se estimaron las pérdidas y ganancias de cada categoría.

## **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA DE LA TIERRA.**

La cobertura de la tierra es entendida como la cantidad y tipo de cubierta vegetal, aguas, materiales terrestres y estructuras humanas que se presentan sobre la superficie terrestre, cuyos estados de cambio y estabilidad ocurridos en un tiempo y lugar determinado son establecidos con diversos fines, entre ellos describir y explicar la superficie de un tipo de cobertura o uso que cambia a otra categoría (Briassoulis, 1999; Walker, 2003).

En estudios de este tipo, es tarea común caracterizar los cambios espaciales y temporales, en términos de la localización, patrones espaciales conformados, los flujos de interacción y los cambios en la disponibilidad de factores de producción, (Briassoulis, 1999); así como también estimar la tasa a que progresan los cambios en la cobertura de la tierra (Petit *et al*, 2001), mediante la evaluación de un período de tiempo comprendido entre dos fechas distintas, considerado por algunos autores de carácter estático o casi estático (Briassoulis, 1999; Marceau et al, 2001), o a través del estudio de más de dos

fechas o series temporales también catalogados como estudios dinámicos (Gourmelon *et al*, 2001; Roy y Tomar, 2001).

Por lo general, cuando sólo se dispone de la superficie total de cada cubierta terrestre en cada año analizado o cuando los datos se presentan englobados como los publicados por la FAO, este tipo de trabajos se reducen a estimar el cambio neto, como la diferencia entre las superficies reseñadas (Ke et al, 2003; Perz y Skole, 2003).

A un mayor nivel de detalle se dispone no sólo de los totales enunciados, sino también de las superficies estables, permitiendo establecer las ganancias y pérdidas ocurridas en cada cubierta terrestre (Mlotha, 2001; Gourmelon et al, 2001; Xiuman, 2002).

Mediante el uso de SIG, los cambios en la cobertura se establecen aplicando diversas técnicas, tanto en sistemas vectoriales como raster, en este último caso se conocen varios procedimientos dependiendo de la escala de medición de los datos (cualitativos o cuantitativos) y del número de fechas evaluadas. Para datos cualitativos como la cobertura de la tierra, sobre dos momentos del tiempo y bajo el sistema Idrisi, se aplica la función *change crosstab*, la cual se ejecuta mediante un proceso de intersección de los mapas introducidos al sistema, cuyo cruce genera dos tipos de productos:

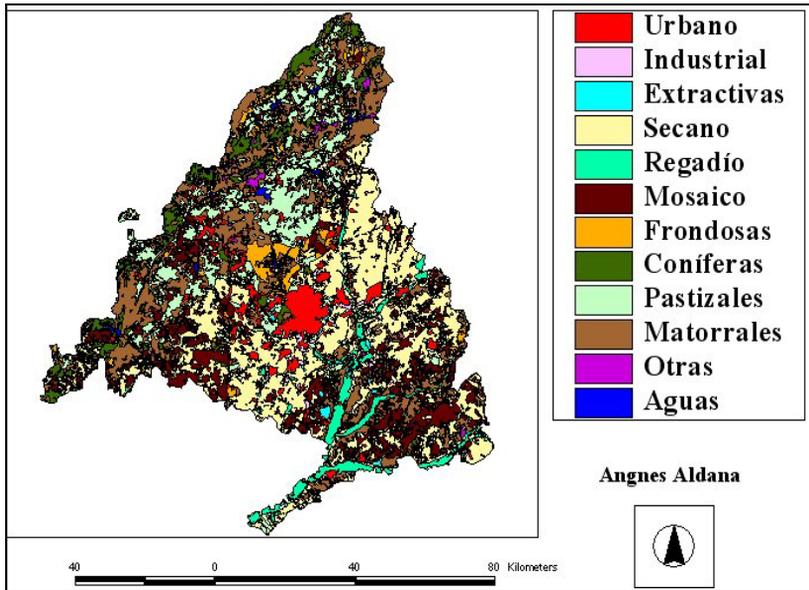
- Una matriz de transición (*crosstabulation*), que reúne en las filas a las categorías de la primera fecha y en las columnas las de la segunda fecha, indicando el contenido de cada celda la superficie de los cambios o de la estabilidad detectada. Datos estos que permiten estimar la persistencia, el cambio neto, las pérdidas, las ganancias, el intercambio en cada categoría y el cambio total (Pontius *et al*, 2004).
- Un mapa, contentivo tanto de las unidades que han permanecido estables durante el período de análisis, como las que han experimentado cambios. Por lo general, tal producto cartográfico contiene un gran número de categorías y unidades espaciales dificultando la lectura e interpretación, por lo tanto para favorecer su legibilidad, la mayoría de los autores proceden a su simplificación mediante procesos de generalización.
- No obstante, éste producto puede ser reclasificado sucesivamente, para elaborar tantos mapas como categorías quieran analizarse y para representar por separado los incrementos y reducciones operados en cada una de ellas; incluyéndose así, todos los cambios registrados en el mapa de cruce y no sólo los más importantes en un único mapa, como se ha procedido en los trabajos

publicados sobre la Comunidad de Madrid, los cuales discriminan las categorías obtenidas, en estables y dinámicas, con subdivisiones que expresan los cambios más significativos ocurridos en el período de tiempo considerado (Díaz, 1984; Martínez, 1989; García-Abad, 1991; Camacho, 1998).

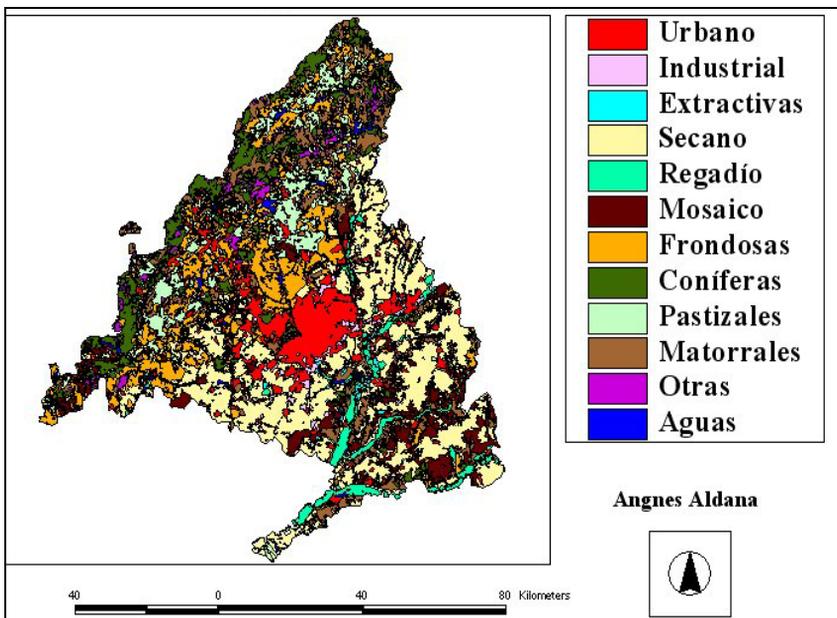
## **METODOLOGÍA**

La función *change crosstab* del Sistema Idrisi se aplicó sobre las siguientes fuentes de datos digitales: el mapa de cobertura de la tierra de la Comunidad de Madrid, contenido en la base de datos Corine Land Cover (López, 1989) de la Consejería del Medio Ambiente Español y el mapa de Vegetación y Usos del suelo, elaborado por la Cátedra de Planificación y Proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid (Consejería del Medio Ambiente, 1997).

El uso de bases de datos levantadas con criterios, leyendas y escalas distintas, podría generar categorías de cambios que no se ajustan a la realidad, para minimizar estas dificultades y con el apoyo de expertos en el área, se procedió a generalizar el mapa de vegetación y uso del suelo, no sólo homologando y reduciendo sus 162 categorías a las 64 definidas en el mapa Corine, sino también disminuyendo la escala del mismo. Proceso éste que permitió además homogeneizar los mapas reseñados en términos de leyendas y escalas. Otros parámetros como formatos, tamaño del píxel, coordenadas máximas y mínimas y número de filas y columnas también fueron ajustados a las condiciones requeridas por la función *crosstab*, para obtener en una primera fase los mapas de cobertura de la tierra de los años 1987 (Mapa N° 1) y 1997 (Mapa N° 2) adjuntos.



Mapa N° 1. Cobertura de la Tierra. Comunidad de Madrid, 1987



Mapa N° 2. Cobertura de la Tierra. Comunidad de Madrid, 1997.

El cruce de los mapas de cobertura de la tierra con la función *crossstab*, generó un producto cartográfico complejo y con una alta densidad gráfica, al cual se le aplicaron diversas reclasificaciones, con el objeto de representar por separado las categorías estables y todos los incrementos y reducciones operados en las cubiertas artificiales evaluadas. En una última fase, estos mapas fueron vectorizados y exportados al sistema ArcView, para obtener los datos contenidos en las tablas de atributos anexas a los mismos y estimar las superficies de las categorías estables y de los cambios detectados, así como también para realizar las respectivas composiciones cartográficas.

Como referencia básica del trabajo se utilizaron las categorías de las superficies artificiales correspondientes al segundo nivel de la leyenda Corine reunidos en las siguientes clases:

- **Zonas Urbanas:** integran ésta unidad las superficies cubiertas en más del 80% por estructuras edificadas y la red de transporte que componen el tejido urbano continuo, así como también las superficies del tejido urbano discontinuo (estructura urbana laxa, urbanizaciones exentas y/o ajardinadas), las zonas verdes artificiales no agrícolas (zonas verdes urbanas, instalaciones deportivas y recreativas), las redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados (autopistas, autovías y terrenos asociados, complejos ferroviarios) y los aeropuertos.
- **Zonas Industriales y Comerciales:** conforman unidades ocupadas en su mayor parte por superficies artificiales (en concreto, asfaltadas, alquitranadas o estabilizadas) sin vegetación, acompañadas también por edificios y/o zonas cubiertas de vegetación, destinadas a actividades industriales y comerciales.
- **Zonas de extracción minera, vertederos, escombreras y de construcción:** formadas por:
  - Áreas de extracción a cielo abierto de materiales de construcción (minas de arena, canteras) u otros minerales, incluyendo graveras inundadas, excepto la extracción de los lechos de los ríos.
  - Escombreras y vertederos públicos, industriales o minerales.
  - Espacios en construcción o en proceso, como las excavaciones realizadas en suelo o roca firme y los movimientos de tierra.

## RESULTADOS

### SUPERFICIES ESTABLES Y DINÁMICAS

La magnitud de los cambios ocurridos durante el período 1987-1997 en la Comunidad de Madrid-España, ubicada en el centro de la península ibérica, se pueden apreciar no sólo en las diferencias entre los Mapas N° 1 y N° 2 y los respectivos Gráficos (N° 1 y N° 2) que indican la superficie ocupada por cada categoría, sino también en el Gráfico N° 3 donde se registra un 53 % de superficies que se han mantenido estables, frente a una parte importante de la Comunidad (47 %) que ha presentado cambios de distinta índole (Mapa N° 3).

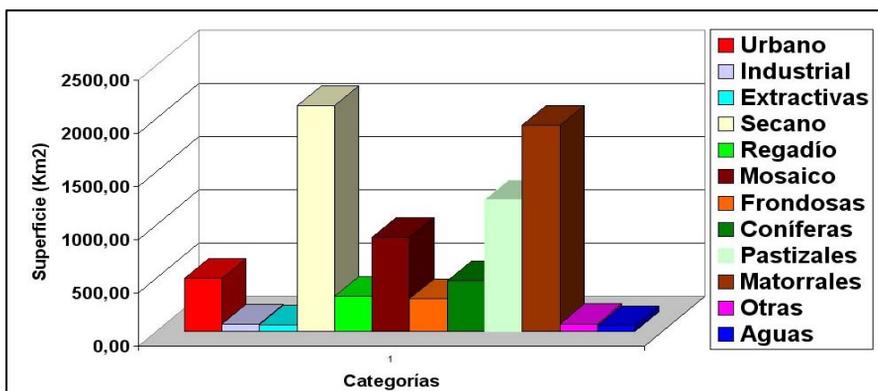


Gráfico N° 1. Cobertura de la Tierra. Comunidad de Madrid, 1987.

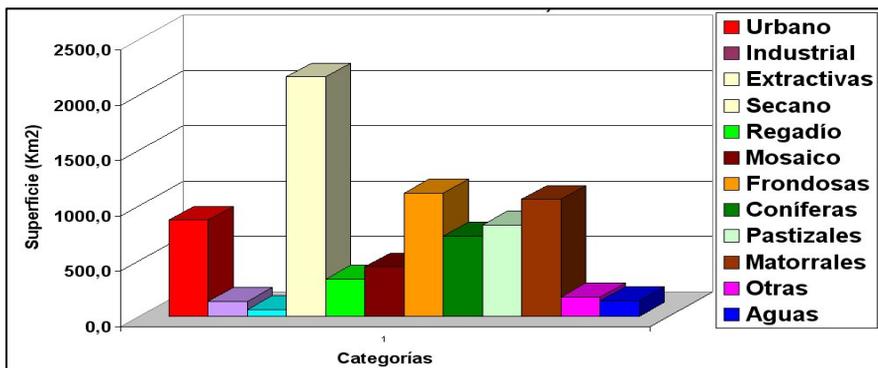
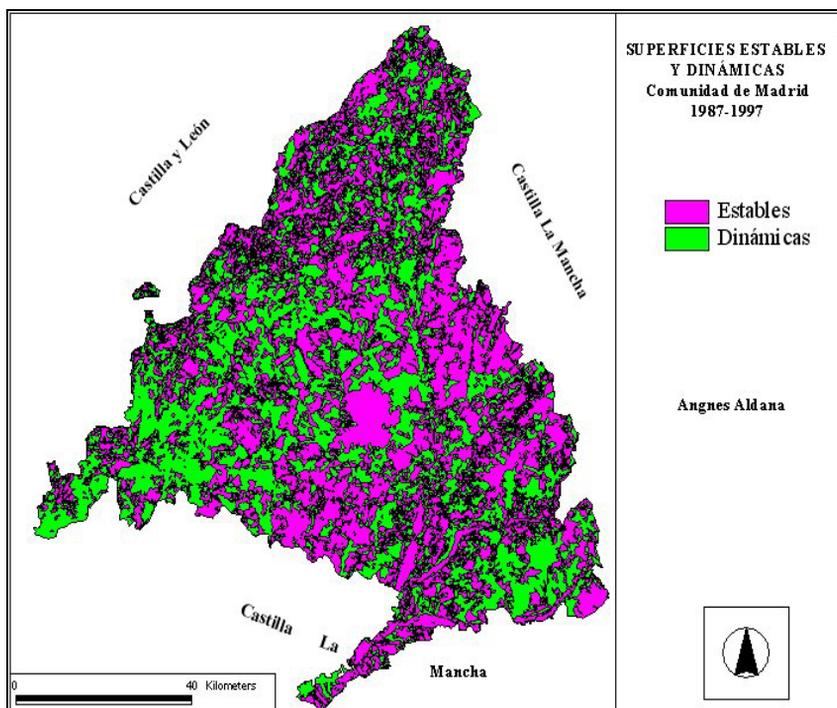


Gráfico N° 2. Cobertura de la Tierra. Comunidad de Madrid, 1997.

En el período precedente (1972–1982) Otero (1993), encuentra un mayor dinamismo al contabilizar un 52,6% de cambios, sobre un 47,6 % de áreas estables.



Mapa N° 3. Superficies Estables y Dinámicas.

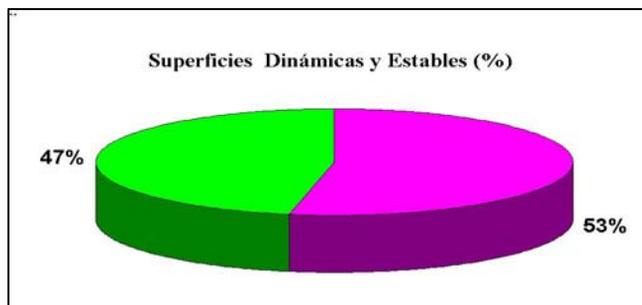
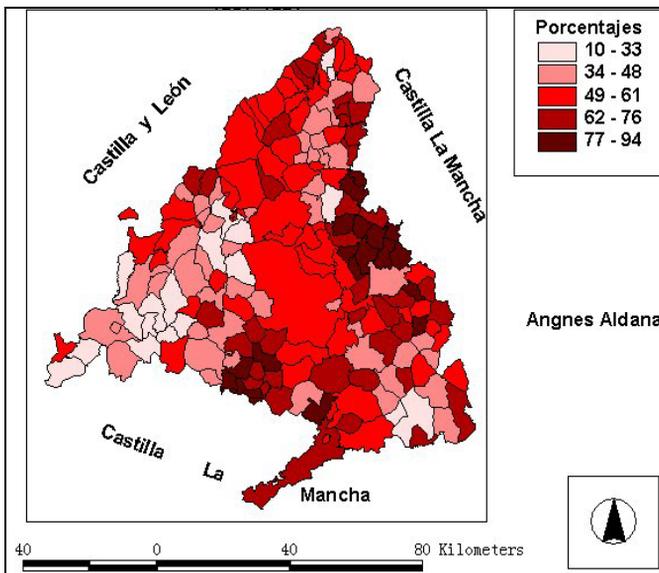


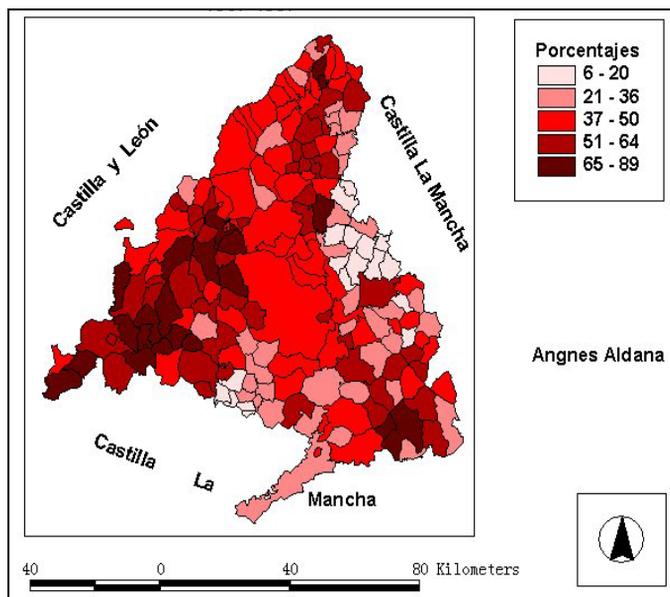
Gráfico N° 3. Superficies Dinámicas y Estables (%).

Resaltan en este sentido, los Municipios Daganzo de Arriba, Ajalvir, Cobeda, Camarma de Esternelas, Meco, Valdeavero, Fresno de Torote, Valdeolmos, Fuente el Saz de Jarama, Talamanca de Jarama, Valdepielagos, Fuenlabrada, Moraleja de en medio, Batres, Serranillas del Valle, Cubas, Casarrubuelas, Ciempozuelos, Anchuelo y Nuevo Baztan, por ser los más estables de la Comunidad, ya que en más del 77% de sus superficies se ha mantenido la misma cobertura terrestre (Mapa N° 4).



Mapa N° 4. Superficies Estables por Municipios.  
Comunidad de Madrid. 1987 – 1997.

En contraste con los Municipios Horcajo de la Sierra, Madarcos, Villarejo de Salvanes, Belmonte de Tajo, El Molar, Las Rozas de Madrid, Galapagar, Hoyo de Manzanares, Moralzarzal, El Escorial, Navalagamella, Colmenar del Arroyo, Villanueva de Perales, Sevilla la Nueva, Villamantilla, Chapinería, Aldea del Fresno, Navas del rey, Valdemaqueda, Cadalso de los Vidrios y Cenicientos, que han presentado el mayor dinamismo, al cambiar más del 65% de sus superficies a otras cubiertas (Mapa N° 5).



Mapa N° 5. Superficies Dinámicas por Municipios.  
Comunidad de Madrid. 1987 – 1997.

El balance general de superficies estables presentadas en el Tabla I, revela que el 6,03% de la Comunidad ha permanecido bajo cubiertas artificiales durante el período 1987-1997, ocupando 483,62 Km<sup>2</sup>. Mientras que los cambios experimentados en estas cubiertas reflejan una notoria diferencia entre las reducciones (1,09%) y los incrementos (7,08%) detectados, fundamentalmente en las áreas urbanas, aunque en menor medida se aprecia también un incremento de las zonas industriales y comerciales.

Tabla I. **BALANCE GENERAL**

Categorías	Estables (%)	Área Km <sup>2</sup>	Incrementos (%)	Área Km <sup>2</sup>	Reducciones (%)	Área Km <sup>2</sup>
Urbano	5,41	434,02	5,33	427,8	0,19	15,40
Industrial	0,48	38,18	1,18	94,4	0,32	25,87
Extractivas	0,14	11,42	0,57	45,4	0,58	46,87
Total	6,03	483,62	7,08	567,	1,09	88,14

Fuente: elaboración propia

Al comparar los resultados obtenidos por Otero (1993) en el período 1972-1982, con los alcanzados en el presente trabajo (1987-1997), encontramos que dos tipos de cambios ocurrieron en similar proporción, expresando un patrón temporal estacionario o continuo en el tiempo:

1. Los porcentajes de superficies de secano que pasaron a formar parte del proceso de crecimiento urbano, con 2,3% en la primera década y 2,23% en la segunda.
2. La poca cuantía de los incrementos en las actividades extractivas en ambos períodos.

## **CAMBIOS EN LAS CUBIERTAS ARTIFICIALES**

### **ÁREAS URBANAS**

Los cambios en las áreas urbanas registradas durante el período 1987-1997 permiten observar dos patrones espaciales de crecimiento:

1. **Continuo**, mediante dos tendencias:
  - Un crecimiento semicircular concentrado en el centro de la Comunidad y asociado a las nuevas edificaciones desarrolladas fundamentalmente en los alrededores, norte, sur y este de la ciudad de Madrid, expandiendo áreas urbanas ya existentes. El obstáculo orográfico impuesto por las zonas montañosas, la figura jurídica que protege grandes superficies naturales, el sistema de tenencia imperante (propietarios de grandes superficies) y el costo elevado de la tierra, probablemente son algunos de los factores que han limitado la expansión urbanística al oeste de la ciudad de Madrid. Respecto a la zona sur y este, García (2000) señala que la topografía horizontal, la presencia de agua, la mayor accesibilidad y otros factores de expansión urbana han orientado el crecimiento sobre los mejores suelos de la región.
  - Un crecimiento lineal, prácticamente a lo largo de tres ejes viales: Madrid-Guadalajara, Madrid -Valladolid-Galicia y sobre el eje Madrid-Toledo, dando razón de continuidad espacial a una ocupación urbana que para el año 1987 se presentaba más disperso en estos sectores.
2. **Discontinuo o disperso** sobre el resto de la Comunidad.

Se aprecia también en toda la Comunidad, sectores ausentes de ocupación urbana, siendo más pronunciados al noroeste sobre la Sierra de Guadarrama,

los Montes del Pardo y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y con menor incidencia en el resto de la zona montañosa y en algunos sectores de la llanura madrileña.

Si bien el proceso de expansión de la ciudad de Madrid (Tabla II) ha sido significativo durante el período evaluado, no menos importante lo fue el crecimiento urbano disperso, el cual se ha intensificado en toda la Comunidad, ampliándose los centros urbanos preexistentes o desarrollándose nuevas residencias urbanísticas. La mayoría de los autores hacen referencia en este caso, a la proliferación de urbanizaciones destinadas a una segunda residencia en las áreas rurales de la Comunidad, particularmente en la sierra de Madrid, proceso éste iniciado a mediados de la década de los 60 y continuando a lo largo del tiempo, inducido por factores socioeconómicos como la demanda de espacios para el disfrute de la naturaleza, la proximidad a la zona urbana y la carencia de espacios verdes en la ciudad de Madrid, entre otros (Sabaté,1997; Gutiérrez,2002).

Así desde mediados del siglo XX, el incremento de la construcción y la proliferación de empresas de servicios, ocupaciones terciarias y grandes urbanizaciones, generaron la difusión del modo de vida urbanos por todo el territorio madrileño incluido el rural (Palomar, 1998; Aldrey, 2002; Buena, 2002).

Tabla II. **DINÁMICA URBANA**

Zonas Urbanas	Porcentajes (%) / Total urbano	Porcentajes (%) / Total Comunidad
Estables	52,17	5,41
Incrementos	46,05	5,33
Reducciones	1,66	0,19

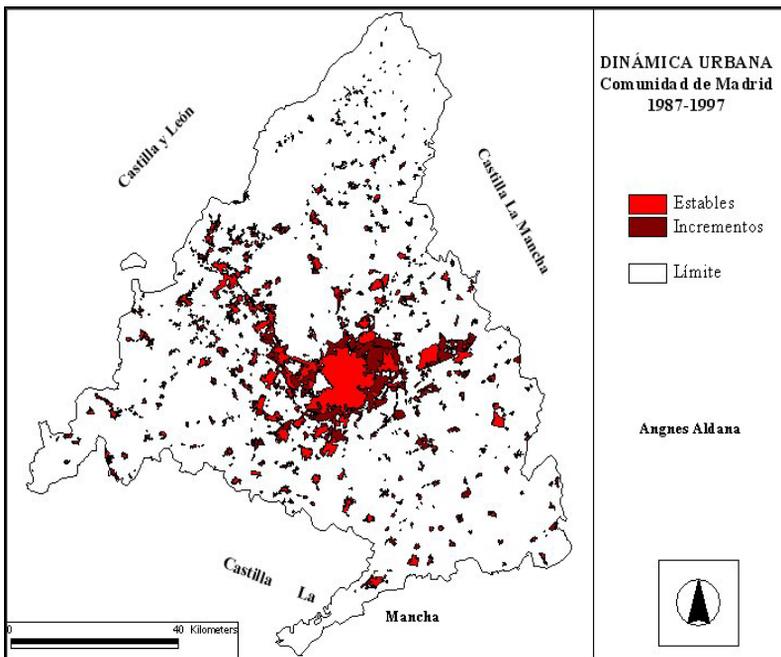
Fuente: elaboración propia

Al parecer, la estructura vial radial y concéntrica, desarrollada desde el centro (Madrid) hacia las periferias de España, no sólo ha permitido comunicar la capital del país con el resto de las comunidades españolas, sino también orientar el crecimiento urbano en todas estas direcciones, de manera muy marcada a lo largo de los ejes viales reseñados y menos agudo en otros lugares, pero es evidente la difusión sobre toda la Comunidad (Mapa N° 6).

La distribución alineada a lo largo de las grandes arterias viales, está estrechamente vinculada con el proceso de industrialización que tiende a

desarrollarse en estos sectores y con los movimientos de la mano de obra masivamente inmigrada a la capital, y progresivamente emigrada desde la capital hacia sus periferias, sobre espacios de menor costo social (periferias cercanas a la capital) y con ofertas de empleo en los sectores terciario (centro-capital) y secundario (periferia y a lo largo de ejes viales importantes).

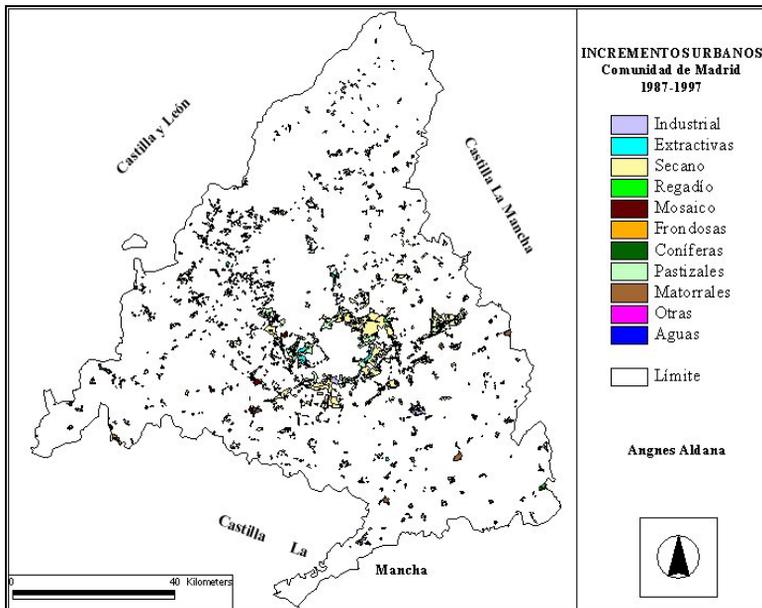
Estos patrones espaciales de crecimiento urbano han sido detallados por diversos autores (Méndez, 1994; Méndez y Mecha, 2001; López, 1998; Serrano, 1998; Caravaca, 1998), para muchas ciudades españolas y europeas en general. Al respecto, la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA, 2002) revela que en las últimas décadas y producto del desarrollo de cubiertas artificiales, la tendencia general de Europa ha estado dirigida hacia la reducción de las áreas verdes, fundamentalmente las ubicadas en las periferias de las ciudades.



Mapa N° 6. Dinámica Urbana.

El crecimiento urbano en la Comunidad de Madrid, se ha realizado principalmente a expensas de las superficies de secano (2,23%) y en menor grado sobre pastizales y matorrales (1,34% y 0,61%) (Mapa N° 7, Gráfico N° 4, Tabla III). Sin embargo, algunas áreas industriales (0,23%) fueron urbanizadas,

lo cual, tal como lo indican algunos autores (Méndez, 1994; Méndez y Mecha, 2001), forma parte del proceso de descentralización industrial y de posterior ocupación urbana de antiguas unidades industriales.



Mapa N° 7. Incrementos Urbanos.

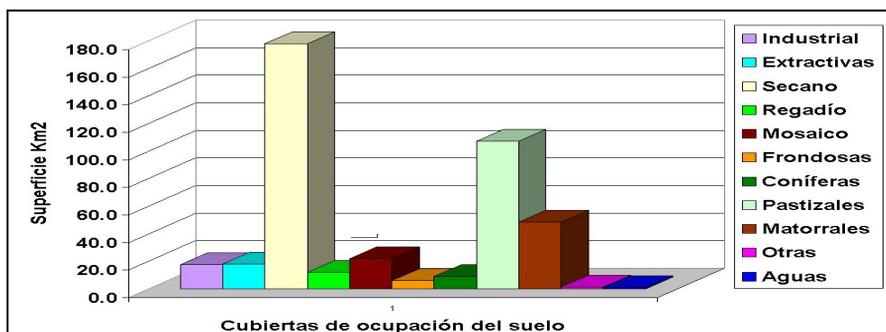


Gráfico N° 4. Incrementos Urbanos a Expensas de otras Cubiertas Comunidad de Madrid, 1987-1997.

La categoría extractiva compuesta por la mezcla de minas, escombreras, vertederos y zonas en construcción, también aportaron espacio (0,23%) para el crecimiento urbano. Específicamente las zonas en construcción, que en 1987

se ubicaban en las periferias de la ciudad de Madrid, indicaban para ese momento el inicio de nuevos desarrollos urbanísticos.

Durante el período se experimentó un crecimiento urbano del orden de los 427 Km<sup>2</sup>, magnitud bastante cercana a la superficie urbanizada en 1987 (434 Km<sup>2</sup>).

Tabla III. **SUPERFICIES DE INCREMENTOS URBANOS**

Categorías afectadas	Área Km <sup>2</sup>	%/Incremento Urbano Total	%/Total Comunidad
Industrial	18,48	4,14	0,23
Extractivas	18,67	4,19	0,23
Secano	178,73	41,60	2,23
Regadío	12,68	2,79	0,16
Mosaico	22,64	5,12	0,28
Frondosas	6,80	1,41	0,08
Coníferas	9,50	2,04	0,12
Pastizales	107,79	25,02	1,34
Matorrales	49,18	11,32	0,61
Otras	1,96	0,28	0,02
Aguas	1,42	0,15	0,02

Fuente: elaboración propia

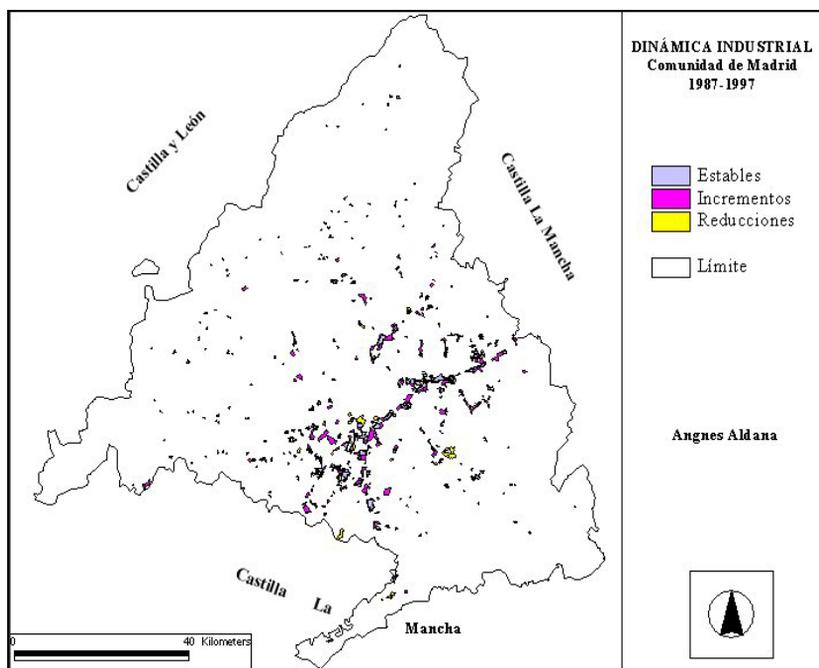
## **AREAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES**

La dinámica industrial está vinculada al proceso de crecimiento urbano, las actividades secundarias tradicionalmente tienden a ubicarse en las periferias de la ciudad y a lo largo de grandes ejes viales que facilitan el acceso tanto al mercado, a la mano de obra, como a la fuente de adquisición de insumos y materia prima para el proceso productivo. La tendencia a desarrollar grandes superficies comerciales que requieren amplias extensiones de terreno orienta la ubicación de estas unidades en los lugares disponibles generalmente alejados de los centros urbanos.

El desarrollo industrial alineado a lo largo de los ejes Madrid-Guadalajara, Madrid-Toledo y Madrid-Valencia, expresan de alguna manera la relación de estas actividades con las ciudades de Madrid, Barcelona y Valencia, centros de poder económico o administrativo, fuentes principales de mano de obra e insumos, concentradores de los mercados principales, centros de distribución

de los productos elaborados y cercanos al aeropuerto internacional de mayor importancia del país y a los puertos marinos receptores de materia prima internacional y puntos de salida de productos manufacturados.

El patrón de distribución de las áreas industriales se despliega fundamentalmente, hacia el este siguiendo el eje del Corredor del Henares y al sur hacia Toledo (Mapa N° 8).



Mapa N° 8. Dinámica Industrial.

En forma dispersa, también se aprecia un incremento industrial y comercial sobre el resto de la Comunidad, particularmente sobre la región montañosa, lo cual puede estar asociado a la actividad turística y la industria de la construcción por el desarrollo de urbanizaciones de segunda residencia, así como también a la presencia de algunas instalaciones agropecuarias que aún se conservan en el sector.

Aunque se han operado algunas reducciones (0,32%) en las áreas industriales y comerciales, parecen poco significativas comparadas con los incrementos (1,18%) alcanzados en esta categoría artificial (Tabla IV) llegando incluso a superar a las superficies industriales estables (0,48%).

Tabla IV. **DINÁMICA INDUSTRIAL**

Áreas Industriales y Comerciales	% / Total Industrial y Comercial	% / Total Comunidad
Estables	24,48	0,48
Incrementos	59,13	1,18
Reducciones	16,39	0,32

Fuente: elaboración propia

La superficie total industrial incrementada a expensas de cultivos de secano principalmente (0,60%) y en menor medida sobre pastizales (0,19%) y áreas urbanas (0,19%) (Tabla V y Gráficos N° 5 y N° 6) se corresponde con 94 Km<sup>2</sup>. El incremento de esta categoría, la intensificación de procesos heredados de períodos anteriores al evaluado, sobre una zona que para el período 1987-1997, parece mantener su preponderancia industrial en la región madrileña y el surgimiento de nuevas áreas sobre el resto de la Comunidad, resumen la dinámica industrial y comercial.

Tabla V. **BALANCE DE INCREMENTOS Y REDUCCIONES EN LAS ÁREAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES**

Incrementos				Reducciones		
%/Total Categorías	%/Total Comunidad	Área Km <sup>2</sup>	Categorías	%/Total Categorías	%/Total Comunidad	Área Km <sup>2</sup>
16,06	0,19	15,00	Urbano	69,93	0,22	17,48
4,86	0,06	4,69	Extractivas	0,83	0,00	0,21
51,86	0,60	47,95	Secano	19,81	0,06	4,95
5,17	0,06	4,98	Regadío	0,76	0,00	0,19
3,32	0,04	3,28	Mosaico	4,76	0,01	1,19
0,20	0,01	0,41	Frondosas	0,15	0,00	0,04
0,13	0,00	0,34	Coníferas	0,62	0,00	0,16
16,42	0,19	15,33	Pastizales	1,17	0,00	0,29
1,91	0,02	1,98	Matorrales	0,75	0,00	0,19
0,01	0,00	0,23	Otras	0,04	0,00	0,01
0,06	0,00	0,27	Aguas	1,18	0,00	0,30

Fuente: elaboración propia

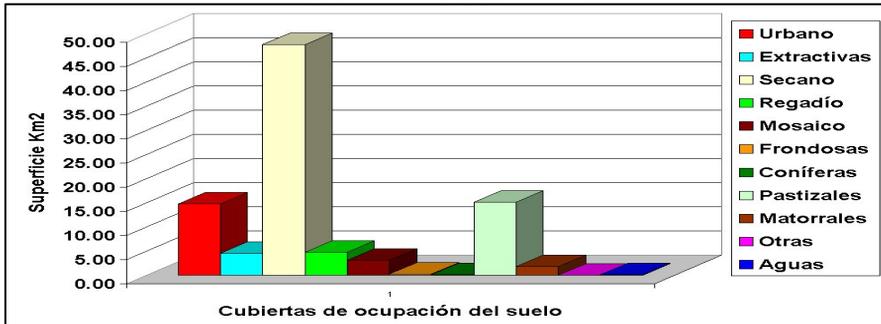


Gráfico N° 5. Incrementos Industriales a Expensas de Otras Cubiertas

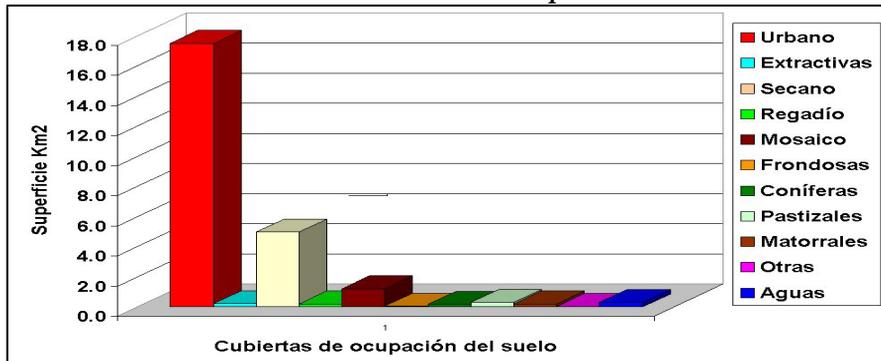


Gráfico N° 6. Superficies Industriales Sustituidas por Otras Cubiertas.

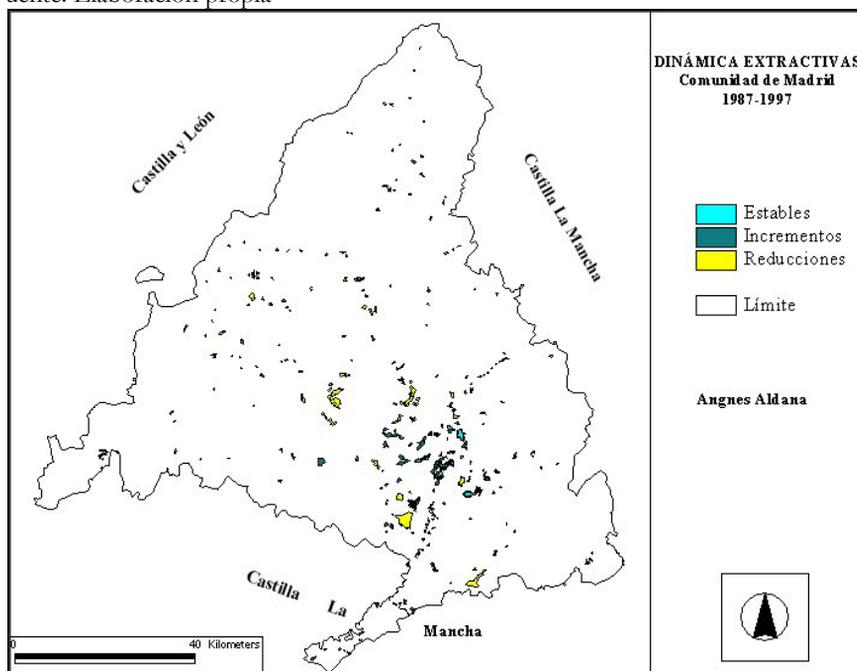
## AREAS EXTRACTIVAS

Las zonas de extracción en minas de arena y canteras incluyendo graveras inundadas, tanto de materiales para la construcción como de otros materiales, están muy vinculadas al desarrollo urbano, por lo que tienden a ubicarse en áreas marginales y/o periféricas cercanas a las ciudades. La dinámica de ésta categoría, muestra un patrón de concentración de sus unidades, básicamente hacia el sur de la capital, donde se aprecia el incremento o intensificación de la actividad y en forma dispersa sobre la rampa y sierras de la Comunidad, probablemente para proveer los materiales de construcción requeridos en el intenso desarrollo urbanístico operado en la ciudad de Madrid en el primer caso, y en el segundo, para la edificación de las urbanizaciones de segunda residencia que se han diseminado sobre el sector montañoso (Tabla VI, Mapa N° 9).

Tabla VI. **DINÁMICA DE EXTRACTIVAS**

Extractivas	% / Total Extractivas	% / Total Comunidad
Estables	11,25	0,14
Incrementos	43,44	0,57
Reducciones	45,31	0,58

Fuente: Elaboración propia



Mapa N° 9. **Dinámica de las Extractivas.**

Los vertederos y escombreras han sido desplazados más al sureste, pero no muy distantes del lugar que ocupaban en 1987, cercano a la capital. Las zonas en construcción en su mayoría llegaron a conformar urbanizaciones residenciales y en otros casos, particularmente las que se ubicaban al sureste de la Comunidad, fueron abandonadas y cubiertas por matorrales. Las cubiertas de extractivas experimentaron un incremento de 45 Km<sup>2</sup> y reducciones del orden de los 46 Km<sup>2</sup> y una tendencia a ser movilizadas hacia lugares relativamente alejados del casco urbano a medida que éste se va expandiendo, pero generalmente concentrados en los lugares que disponen de los materiales requeridos, es decir al sur de Madrid (Tabla VII).

Las áreas de extractivas pasan a desarrollarse sobre superficies que han sido agrícolas (secano 0,15%, regadío 0,07%, mosaico 0,05%) u ocupadas por cubiertas de vegetación natural (pastizales 0,11% y matorrales 0,12%) (Gráfico N° 7 y Tabla VII).

El Gráfico N° 8 y la Tabla VII reflejan a las zonas en construcción que fueron incorporadas al crecimiento urbano (0,22%) y las que fueron cubiertas por matorrales (0,18%).

Tabla VII. **BALANCE DE INCREMENTOS Y REDUCCIONES EN EXTRACTIVAS**

Incrementos				Reducciones		
%/Total Categorías	%/Total Comunidad	Área Km <sup>2</sup>	Categorías	%/Total Categorías	%/Total Comunidad	Área Km <sup>2</sup>
1,28	0,01	0,72	Urbano	38,79	0,22	17,89
0,53	0,00	0,39	Industrial	9,78	0,06	4,57
27,51	0,15	12,19	Secano	11,14	0,06	5,20
13,02	0,07	5,85	Regadío	2,45	0,02	1,21
8,82	0,05	4,01	Mosaico	2,13	0,01	1,06
0,52	0,00	0,38	Fronosas	1,48	0,01	0,76
0,97	0,01	0,58	Coníferas	0,38	0,00	0,26
19,33	0,11	8,61	Pastizales	1,89	0,01	0,95
21,39	0,12	9,51	Matorrales	30,64	0,18	14,15
2,01	0,01	1,04	Otras	0,19	0,00	0,17
4,60	0,03	2,17	Aguas	1,12	0,01	0,59

Fuente: elaboración propia

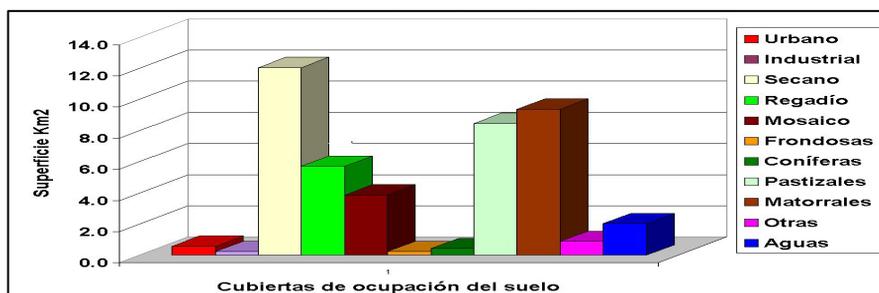


Gráfico N° 7. **Incrementos de Extractivas a Expensas de Otras Cubiertas.**

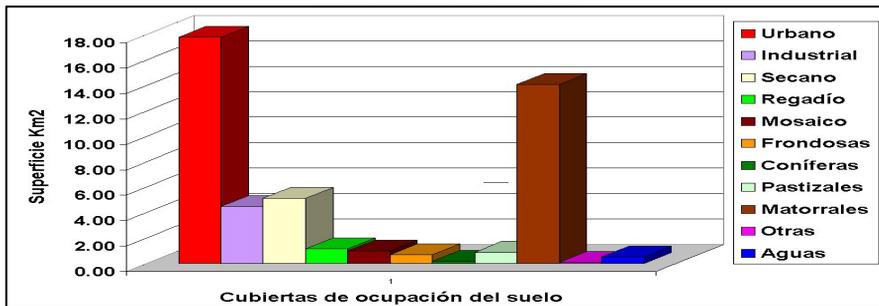


Gráfico N° 8. Superficies de Extractivas Sustituidas por Otras Cubiertas.

## CONCLUSIONES

El mapa de cambios en la cobertura de la tierra, producto del cruce entre dos mapas de fechas distintas obtenido con el SIG Idrisi, constituye una imagen cartográfica sobre la cual se puede observar y analizar la variabilidad espacial, los patrones de distribución de cada una de las categorías de cambio y las posibles tendencias, dejando entrever también, parte del conjunto de relaciones hombre-medio que se operan sobre el espacio e inferir y deducir algunos de los complejos procesos asociados a los cambios en la cobertura de la tierra, constituyendo un campo importante para la investigación con fines de planificación u ordenación del territorio.

Los cambios en la cobertura de la tierra ocurrida en la Comunidad de Madrid durante el período 1987-1997 y sus signos de estabilidad, parecen expresar la intensificación y/o agudización de procesos iniciados en épocas anteriores.

El patrón de distribución espacial de los tipos de cobertura refleja:

- Una tendencia a la especialización de los espacios ocupados por categorías agrícolas al sur y este de la Comunidad y por categorías naturales al oeste sobre la sierra y rampa madrileña, cuyos cambios se operaron en el interior de sus superficies o en sus proximidades.
- Una tendencia general de expansión del área metropolitana, mediante el incremento de las zonas artificiales desde el centro de la Comunidad hacia la periferia, tanto de Madrid capital como de los restantes centros urbanos, a través de procesos de: periurbanización radial y lineal sobre los ejes viales principales, descentralización industrial y rururbanización. Tales incrementos

afectaron el 7,08% de la Comunidad, de los cuales el 5,33% corresponden al crecimiento urbano.

El uso de bases de datos levantadas con criterios, leyendas y escalas distintas, genera categorías de cambios que podrían no ajustarse a la realidad; sin embargo este tipo de dificultades tienden a minimizarse cuando se opta por niveles de generalización medios y altos, se utilizan escalas de análisis y representación medianas y pequeñas, y se utilizan pocas categorías en las leyendas de los mapas, tal es el caso de los resultados presentados en este documento.

Describir cartográficamente una realidad explicada por muchos autores, demuestra una vez más la vigencia e importancia de la herramienta gráfica utilizada en la ciencia geográfica, para registrar, tratar, extraer y comunicar información sobre el espacio terrestre, como lo son los mapas; así como también, la eficacia de los Sistemas de Información Geográfica en la detección de cambios espaciales y la calidad de las bases de datos utilizados, a pesar de que la cobertura de la tierra de los años 1987 y 1997 fue levantada con criterios, escalas y métodos distintos.

### **CRÉDITOS:**

Las bases de datos Corine Land Cover (1987) y el mapa de Vegetación y Usos del suelo (1997) de la Comunidad de Madrid, fueron facilitadas por el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá, Madrid-España, para elaborar el presente trabajo dentro del marco del programa Doctorado en “Cartografía, SIG y Teledetección”.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AEMA 2002. Towards an urban Atlas: **Assessment of Spatial Date on 25 European Cities and Urban Areas**. Environmental. Informe N° 30.  
[http://www.reports.eea.eu.int/environmental\\_issue\\_report\\_2002\\_30/en/Chap02](http://www.reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_30/en/Chap02)
2. ALDREY, JOSÉ 2002. **Procesos de Urbanización en el Medio Rural: las Periferias Urbanas de Galicia**. Pp. 267-276, en: Actas del XI Coloquio de Geografía Rural. Asociación de Geógrafos Españoles. Grupo de Geografía Rural. Santander.
3. BOSQUE, JOAQUÍN 1997. **Sistemas de Información Geográfica**. RIALP. Madrid. 451 pp.
4. BRIASSOULIS, HELEN 1999. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Aproaches**. The web Book of Regional Science, Regional Research Institute, West Virginia University.  
<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/>
5. BUENAGA, JUAN 2002. **Procesos de Urbanización en el Espacio Rural de Cantabria: el Municipio de Ampuero**. Pp. 295-302, en: Actas del XI Coloquio de Geografía Rural. Asociación de Geógrafos Españoles. Grupo de Geografía Rural. Santander.
6. CAMACHO, MARÍA 1998. **Caracterización de la Evolución de los Usos del Suelo Mediante el Sistema de Información Geográfica Arc/Info**. Pp. 293-304, en: VII Coloquio del grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Asociación de Geógrafos Españoles. Universidad Autónoma de Barcelona.
7. CARAVACA, INMACULADA 1998. **Los Nuevos Espacios Emergentes**. Estudios Regionales (50): 39-80.
8. CASTRO, R. Y GARCÍA-ABAD, J. 1993. **Confeción de Cartografía Dinámica de Ocupación del Suelo con SIG**: Municipio de Brea del Tajo (Comunidad Autónoma de Madrid). Pp. 375-392, en: 2º Congreso de AESIG. Madrid.
9. CONSEJERÍA DEL MEDIO AMBIENTE 1997. **Mapa de Vegetación y Usos del Suelo de la Comunidad Autónoma de Madrid**.  
<http://medioambiente.comadrid.es/areastematicas/biodiversidad/vegetacion.htm>

10. DÍAZ, MARÍA 1984. **Criterios para el Análisis de Evolución de Usos del Suelo en Zona de Montaña:** Aplicación a un sector de Somosierra. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Madrid. (4):131-147.
11. GARCÍA, JOSÉ 2000. **Capacidad Potencial de Uso Agrario y Urbanización: contribución a la Geografía de la sostenibilidad de la Región de Madrid.** Anales de Geografía de la Universidad Complutense. (20): 419-436.
12. GARCÍA-ABAD, JUAN 1991. **Una Aproximación a la Cartografía Dinámica de la Ocupación del Suelo: Ensayo en el área de Mondejar (Guadalajara).** Estudios Geográficos. (205):625-652.
13. GUTIÉRREZ, SERGIO 2002. **La Evolución Reciente de la Población Rural: ¿Un Episodio Coyuntural o un Verdadero Cambio de Tendencia?.** Pp. 359-368, en: Actas del XI Coloquio de Geografía Rural: los espacios rurales entre el hoy y el mañana. Asociación de Geógrafos Españoles. Grupo de Geografía Rural. Universidad de Cantabria. Santander.
14. GOURMELON, F.; BIRET, F. y LE BERRE, I. 2001. **Land - Use Changes and Implications for Management of a Small Protected Island of the Coast of Bretagne.** Journal of Coastal Conservation. (7):41-48.
15. HELMER, E. 2004. **Forest Conservation and Land Development in Puerto Rico.** Landscape Ecology. 19 (1):29-40.
16. KE, CH.; KING, L. y TONG, J. 2003. **Land Use/covers Change in the Red Soil Region, China During the Período 1988-2000.** IEEE. pp. 255-257.
17. LÓPEZ DE LUCIO, RAMÓN 1998. **La Incipiente Configuración de una Región Urbana Dispersa: el Caso de la Comunidad Autónoma de Madrid (1960-1993).** Pp.169-196, en: Monclus, F. (ed.) Urbanismo Ciudad Historia (I). La Ciudad dispersa Centro de cultura Contemporánea de Barcelona.
18. LÓPEZ, JOSÉ 1989. **La Observación de la Tierra Desde el Espacio: el Mapa de Ocupación del Suelo de la Comunidad Económica Europea.** Estudios Geográficos. Tomo XLX (196): 409-434.
19. McCONNELL, W., SWEENEY, S. y MULLEY, B. 2004. **Physical and Social Access to land: Spatio-Temporal Patterns of Agricultural Expansion in Madagascar.** Agriculture, Ecosystems & Environment. 101 (2/3):171-185.
20. MARTÍNEZ, JAVIER 1989. **Propuesta Metodológica para la Presentación Cartográfica de los Tipos Dinámicos de Ocupación y uso del Suelo.** Estudios Geográficos. (195):235-258.

21. MARCEAU, D., GUINDON, L., BRUEL, M. y MAROIS, C. 2001. **Building Temporal Topology in a GIS Database to Study the Land-use Changes in a Rural-Urban Environment**. Professional Geographer. 53 (4):546-558.
22. MÉNDEZ, RICARDO. 1994. **La nueva Industria en la Comunidad de Madrid**. Pp. 415-447, en: V Jornadas de Geografía Industrial. Girona.
23. MÉNDEZ, R. y MECHA, R. 2001. **Transformaciones de la Industria Española en el Contexto de la Globalización**. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. (21):183-202.
24. MLOTHA, M. 2001. **Remote Sensing and GIS linked to Socio-Analysis for Land Cover Change Assessment**. IEEE. pp. 459-461.
25. NAVARRO, ÁNGEL 2000. **Los Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad de Madrid (entre la ecología y la economía)**. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Madrid. (20):465-477.
26. OTERO, ISABEL 1993. **Una Aplicación de Pc. Arc/Info al Análisis del Cambio Paisajístico. En: Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica**. Pp. 501-517, en: 2º Congreso AESIG. Los Sistemas de Información Geográfica en el umbral del S. XXI. Madrid.
27. PALACIOS, MARINO 1994. **Sistemas de Información Geográfica Temporal: Aplicación a la Evaluación del Cambio Ambiental en el Valle Medio del Jarama (Madrid)**. Mapping (15):29-31.
28. PALOMAR, MARÍA 1998. **El Hombre y el Paisaje en el Alto Valle de Losoya: transformaciones recientes en un área de la montaña madrileña**. Universidad de Alcalá. Facultad de filosofía y Letras. Departamento de Geografía. Madrid. 311 pp.
29. PERZ, S. y SKOLE, D. 2003. **Social Determinants of Secondary Forests in the Brazilian Amazon**. Social Science Research. 32 (1)25-61.
30. PETTIT, C.; SCUDDER, T. y LAMBIN, E. 2001. **Quantifying Processes of Land-Cover Change by Remote Sensing: resettlement and rapid land-cover change in south-eastern Zambia**. International Journal of Remote Sensing. 22(17):3435-3456.
31. PONTIUS, R., SHUSAS, E. y McEACHERN, M. 2004. **Detecting Important Categorical Land Changes While Accounting for Persistence**. Agriculture, Ecosystems & Environment. 101(2/3):251- 269.

32. ROY, P. y TOMAR, S. 2001. **Landscape Cover Dynamics Pattern in Meghalaya**. International Journal of Remote Sensing. 22(18):3813-3825.
33. SABATÉ, A. 1997. **La Segunda Residencia como Factor de Transformación el Paisaje Natural**. Pp. 251-256, en: V Coloquio de Geografía. Granada.
34. SANCHO, J., BOSQUE, J., y MORENO, F. 1993. **La Dinámica del Paisaje: aplicaciones de un SIG raster al ejemplo de Arganda del rey en las vegas de Madrid**. Catastro. pp. 35-51.
35. SANCHO, J., BOSQUE, J. y MORENO, F. 1995. **Les Mutations Dans le Milieu Rural**. Pp. 275-285, en : Actes du Colloque de Géographie rurale tenu a Caen les 17 et 18 septembre 1992 en l'honneur de Pierre Brunet. Universidad de Caen.
36. SERRANO, MILAGROS 2001. **Infraestructuras de Transporte y Desarrollo Urbano: aproximación metodológica por medio de teledetección aplicada al área urbana de Madrid**. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Madrid.613 pp.
37. SERRANO, JOSÉ 1998. **Crecimiento de la Población Urbana Española y Complejidad del Modelo Urbano de Organización de su Red Urbana. Interpretación de los cambios producidos durante los últimos decenios**. Papeles de Geografía. Universidad de Murcia. (28):145-164.
38. WALKER, R. 2003. **Mapping Process to Pattern in the Landscape Change of the Amazonian Frontier**. Annals of the Association of American Geographers. 93(2):376-398.
39. XIUWAN, CHEN 2002. **Using Remote Sensing and GIS to Analysis Land Cover Change and Its Impacts on Regional Sustainable Development**. International Journal of Remote Sensing. 23(1):107-125.
40. ZÁRATE, A., OJEDA, L., REBOLLO, J., PÉREZ, M., y DE PABLO, C. 1998. **Cambios en el Paisaje de la Comunidad de Madrid**. pp. 213-228, en Arias, A. y Fourneau, F. (eds.). El paisaje mediterráneo. Universidad de Granada – Junta de Andalucía. 349 pp.