

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA DE GEOGRAFIA**  
**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

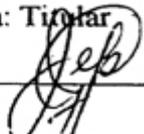
**VEREDICTO**

Nosotros, miembros del Jurado designado por el Ilustre Consejo de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales en su sesión Ordinaria de fecha 01-04-05 para conocer y decidir acerca de la Credencial de Mérito para el Ascenso del Profesor **ANGNES TERESA ALDANA DEZZEO**, Cédula de Identidad N° **4.488.332** a la Categoría de Profesora **ASOCIADA** conforme al Artículo 165 del Estatuto del Personal Docente y de Investigación de la U.L.A, reunidos en la Escuela de Geografía, el día 5 de Mayo del año 2005, una vez revisado, discutido, exposición pública del trabajo intitulado: **CARTOGRAFIA DE LOS CAMBIOS EN LA COBERTURA DE LA TIERRA, OCURRIDOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID, ESPAÑA. PERIODO 1987-1997** el día 05/05/05, en el salón de audiovisuales y por cuanto consideramos que este cumple con todos los requisitos exigidos para un Trabajo de Ascenso, acordamos impartir su **APROBACION** para los fines a los cuales ha sido propuesto.

En Mérida, a los cinco días del mes de Mayo de Dos mil cinco.

**Profesor: Elvecio Pernia**

Categoría: Titular

Firma: 

**Profesor: Cleicer A. Calderón**

Categoría: Asociado

Firma: 

**Profesor: Ernesto J. Flores R.**

Coordinador del Jurado

Categoría: Titular

Firma: 

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES  
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACION DE RECURSOS  
NATURALES  
DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFÍA**

**CARTOGRAFÍA DE LOS CAMBIOS EN LA  
COBERTURA DE LA TIERRA, OCURRIDOS EN  
LA COMUNIDAD DE MADRID, ESPAÑA.  
PERÍODO 1987-1997.**

**Autora  
ANGNES T. ALDANA DEZZEO**

**Mérida, Febrero del 2005**

**Trabajo de Investigación presentado como credencial de mérito para  
ascender a la Categoría d Profesor Asociado**

El presentil: Trabajo de investigación fue elaborado dentro del marco del Programa de Doctorado sobre "Cartografía. Sistemas de Información Geográfica y Teledetección", que ofrece el Departamento de Geografía de la 'Universidad de Alcalá (Madrid. España), al cual estoy matriculada.

El proyecto se desarrolló bajo la Tutoría de as Doctoras María Ángeles Díaz Elena Chicharro y María Jesús Salado miembros del citado Departamento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Por el apoyo, orientación y dedicación de

Mis tutoras: Dra. María Ángeles Díaz, Dra. Elena Chicharro. Dra. María Jesús Salado.

Los Profesores: Dr. Bosque Sendra, Dr. García-Abad, Dr. Sancho Comins.

Por el apoyo estímulo y amistad de:

Mis compañeros decurso: Adriana. Armando. Esther y Miguel.

Personas muy especiales: Gemma y Elena

La familia Parra Colmener. Diego Padrón, Silvia y Pamela.

Los Profesores Montserrat y Víctor

Por la comprensión, perseverancia paciencia e inmenso cariño de mis hijos:

Tepey. Andrea y Daniel.

Y mi familia materna.

Por la fuerza confianza y apoyo incondicional... presente siempre....de

La Familia Matos

Y especialmente del Profesor Ernesto Flores

Por la gentileza y atención a distancia de los Profesores

Isabel Otero .José Atauri, García Alvarado y Ester Sáez

## ÍNDICE GENERAL

	Pg
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Objetivos</b> .....	4
General	
Específicos	
<b>Metodología</b> .....	5
I.- Revisión Bibliográfica	
II.- Procesamiento de la información	
III.-Diseña Cartográfico	
IV.-Análisis de resultados y redacción del documento	
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>Marco teórico-metodológico</b> .....	10
Enfoque Cartográfico .....	10
Cambios en la Cobertura de la tierra y Sistemas de Información Geográfica	13
Valoración de los cambios en la Cobertura .....	17
Desarrollo Sostenible e Indicadores Ambientales .....	19
<b>Antecedentes generales</b> .....	23
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Caracterización general del área de estudio: Comunidad de Madrid</b> ....	28
Ubicación.....	28
Características físicas generales.....	29
Procesos y transformaciones socioeconómicas recientes .....	32
Dinámica Demográfica	
Crecimiento Urbano	

Descentralización Industrial  
Urbanización de las zonas rurales

### **CAPÍTULO III**

#### **Dinámica y estabilidad en la cobertura de la Tierra y Calidad del cambio**

Cambios generales en la cobertura.....	46
Caracterización general de las superficies Estables y Dinámicas.....	53
Superficies Estables.....	55
Superficies Dinámicas .....	58
Dinámica de cada cubierta.....	64
1.-Zonas Artificiales.....	64
Urbano .....	64
Zonas industriales y Comerciales.....	69
Zonas de extracción minera, vertederos y de construcción.....	73
2. -Zonas Agrícolas .....	78
Secano v cultivos permanentes.....	78
Regadío.....	82
Mosaico de cultivos .....	87
3 -Zonas Forestales con vegetación natural y espacios abiertos.....	91
Bosques de Frondosas .....	91
Matorrales .....	96
Pastizales.....	100
Bosque de Coníferas y Bosques mixtos.....	104
Calidad del cambio.....	108
1 -Cambio extremo negativo	

- 2 -Cambio grande negativo
- 3 -Cambio moderado negativo
- 4.-Cambio leve negativo
- 5 -Cambio que no afecta a la calidad del paisaje
- 8 - Cambio moderado positivo
- 9 -Cambio grande positivo
- 10.-Cambio extremo positivo

**CAPÍTULO IV**

Indicadores Ambientales de Sostenibilidad .....	117
Porcentajes de cada categoría que cambia de uso por unidad de tiempo .	122
Otros indicadores ambientales .....	123
<b>Conclusiones</b> .....	129
<b>Bibliografía</b> .....	133
<b>Anexos</b> .....	147

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapas	pg
Mapa N° 1 Ubicación relativa	28
Mapa N° 2 Suéteres o Comarcas de la Comunidad de Madrid	29
Mapa N° 3 Cobertura de la Tierra año 1987	48
Mapa N° 4 Cobertura de la Tierra año 1997	49
Mapa N° 5 Crosstabulation (cruce entre e mapa Corine y Vegetación)	51
Mapa N° 6 Superficies estables y dinámicas	54
Mapa N° 7 Superficies estables por municipios	55
Mapa N° 8 Superficies dinámicas por municipios	55
Mapa N° 9 Superficies estables generales	56
Mapa N° 10 Superficies estables por cubiertas	57
Mapa N° 11 Incrementos generales	59
Mapa N° 12 deducciones generales	60
Mapa N° 13 Incrementos por cubierta.	62
Mapa N° 14 Reducciones por cubiertas	63
Mapa N° 15 Dinámica urbana	67
Mapa N° 16 Incrementos urbanos	68
Mapa N° 17 Dinámica industrial y comercial	70
Mapa N° 18 Incrementos de industria	71
Mapa N° 19 Reducciones de industrias	72
Mapa N° 20 Dinámica de extractivas	74
Mapa N° 21 Incrementos de extractiva	76

Mapa N° 22 Reducciones de extractivas	77
Mapa N° 23 Dinámica del secano	79
Mapa N° 24 Incrementos en secano	80
Mapa N° 25 Reducciones de secano	81
Mapa N° 26 Dinámica del regadío	84
Mapa N° 27 Incrementos en regadío	85
Mapa N° 28 Reducciones en regadío	86
Mapa N° 29 Dinámica en mosaico de cultivos	88
Mapa N° 30 Incrementos en mosaico de cultivos	89
Mapa N° 31 Reducciones en mosaico de cultivos	90
Mapa N° 32 Dinámica de frondosas	93
Mapa N° 33 Incrementos en frondosas	94
Mapa N° 34 Reducciones en frondosas	95
Mapa N° 35 Dinámica de matorrales	97
Mapa N° 36 Incrementos de matorrales	98
Mapa N° 37 Reducciones de matorrales	99
Mapa N° 38 Dinámica de pastizales	101
Mapa N° 39 Incrementos de pastizales	102
Mapa N° 40 Reducciones de pastizales	103
Mapa N° 41 Dinámica de coníferas	105
Mapa N° 42 Incrementos de coníferas	106
Mapa N° 43 Reducciones de coníferas	107
Mapa N° 44 Calidad del cambio	114
Mapa N° 45 Calidad del cambio general	116

## RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo consiste en elaborar la cartografía de los cambios en la cobertura de la tierra ocurridos en la Comunidad de Madrid, durante el periodo 1987-1997 y derivar de los cambios detectados algunos indicadores de sostenibilidad ambiental a nivel municipal utilizando para ello las funciones que en materia de medición y análisis de cambios ofrece el Sistema de Información Geográfica Idrisi y las posibilidades de diseño cartográfico que brinda el SIG ArcView.

El cruce de los mapas digitales sobre la cobertura de 1987 y 1997, generó como producto un mapa contentivo de 162 categorías que describen las unidades de cambios y las superficies que han permanecido estables. Posteriormente este mapa fue reclasificado para obtener 43 productos cartográficos que detallan la dinámica de cada cubierta agrícola, artificial y natural considerada

Los resultados más resaltantes encontrados parecen expresar la intensificación y/o agudización de procesos iniciados en épocas anteriores, tales como: descentralización industrial, rururbanización y peri urbanización radial y lineal sobre los principales ejes viales. Así como también, un incremento de las cubiertas boscosas y un balance negativo de las cubiertas agrícolas aunque se aprecian porcentajes similares de pérdidas y ganancias operados en las cubiertas de secano.

Se presentan así los cambios positivos sobre la sierra madrileña y los negativos sobre las vegas de la Comunidad.

Los porcentajes estimados en el conjunto de indicadores ambientales considerados, permiten distinguir tres grupos de municipios los que acusan más del 60% de su superficie incrementada en bosques y áreas naturales, los que arrojan valores intermedios (25 al 35%) de su superficie afectada por pérdidas naturales y agrícolas debidos al crecimiento urbano y los que no superan el 12% de reducciones en la superficie arbórea total y en particular debido a la deforestación con fines agrícolas.

## **INTRODUCCION**

El hombre, en su proceso de desenvolvimiento ha ocupado la superficie terrestre desarrollando Actividades de diversa naturaleza con variada intensidad, aprovechando las Fuentes de recursos disponibles, actuando en algunos casos en forma armónica con el ecosistema y en otros pasando por alto tales consideraciones, ocasionando un deterioro irreversible del: medio y colocando en peligro la vida sobre el planeta.

La preocupación por nuestro hábitat se ha manifestado en las últimas décadas en numerosos congresos y convocatorias a nivel internacional, regional y local, en las que bajo un marco de desarrollo sostenible se realizan esfuerzos por mitigar el impacto negativo de las actividades humanas sobre el medio.

Desde su creación, el concepto de desarrollo sostenible ha sido modificado en función de la multiplicidad de características, problemas y necesidades de las regiones y localidades del mundo, pero conserva como factor común el interés por proteger la naturaleza y establecer los mecanismos para subsanar el daño ocasionado sobre la misma.

A tal efecto, en los procesos de ordenación territorial se integra la componente ambiental al análisis de los aspectos socioeconómicos, con el objeto de favorecer el crecimiento económico, mejorar las condiciones de vida de la población y mantener la sostenibilidad de los ecosistemas y recursos naturales. La síntesis de estos procesos se remite en primer lugar, al conjunto de propuestas de organización, generalmente planteadas sobre la base de diagnósticos previos, en los que se valora e interpreta la situación actual de los sistemas espaciales considerados en torno a su trayectoria histórica y su evolución. En segundo lugar, a la ejecución, seguimiento, control, evaluación y revisión de los planes elaborados y aplicados, en un análisis continuo de una realidad en permanente cambio, lo cual conduce a nuevas decisiones relacionadas con el mejor aprovechamiento de los recursos y con las modificaciones que deben operarse en el contexto de las normativas y

reglamentaciones inherentes de apoyo a la efectividad de estos procesos.

Dentro del marco precedente es relevante el uso de los estudios temporales, entre ellos los relacionadas con los cambios en la cobertura de la tierra permiten no solo visualizar y medir las cubiertas que tienden a extenderse sobre espacio a expensas de la reducción de las superficies de otras, sino también detectar algunos de los factores que generan tales transformaciones. Aportando valiosos datos para una gestión sostenible de los recursos, en procura, entre muchos otros aspectos, de la protección y recuperación de los hábitats y sistemas naturales y la detención de la pérdida de la biodiversidad, en un intento por prever para las generaciones futuras conservando desde hoy. Iniciativas de investigación que tratan directamente o indirectamente este tema se han desarrollado a muchas escalas, sobre diferentes períodos de tiempo, y con múltiples fines. A nivel europeo se conocen proyectos como: el MURBANDY/MOLAND (Monitoring Urban Dynamics/Monitoring Land Use Changes) del Instituto de Aplicaciones Espaciales de la Unión Europea destinado a medir y evaluar la dinámica urbana a través de la creación de una base de datos para 25 ciudades europeas una de las cuales se encuentra en España (Bilbao), y el proyecto Corine Land Cover cuyo objetivo fundamental es la captura de información geográfica para la creación de una base de datos europea sobre la Cobertura del Territorio y su dinámica. A un nivel más local se presenta el proyecto LACOAST (Land Cover Changes in Coastal Zones) coordinado por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, para determinar los cambios producidos en la cobertura en una franja del litoral español.

Por otra parte, dentro de los límites de las referencias consultadas, algunos autores señalan que la tendencia reciente en la mayoría de los trabajos científicos se ha orientado más a escala local o global que a escala regional. Constituyendo los sistemas urbanos y las ciudades el tema central de la mayoría de los estudios procedentes de muchas disciplinas, en los que se presta poca atención no solo a los aspectos ambientales asociados, sino

también al marco regional que las circunscribe. Particularmente cuando el desarrollo urbanístico parece tender hacia una ruptura con su medio receptor (García Alvarado. 2000), contradiciendo un concepto de sostenibilidad que promueve el uso adecuado de los recursos naturales, muchos de los cuales se extienden sobre el marco regional de las urbes.

Sobre los espacios naturales, Navarro (2000) expone consideraciones similares, al igual que Zárate et al (1998) y García Alvarado (2000) en torno a las investigaciones sobre la Comunidad de Madrid, la cual carece también de información sobre indicadores ambientales en las áreas de biodiversidad y bosques específicamente (García Cañete et al, 1999).

A tono con los objetivos perseguidos en los proyectos internacionales enunciados y con las consideraciones planteadas por los autores citados con el fin de representar cartográficamente los cambios en la cobertura y contribuir en alguna medida a caracterizar la sostenibilidad ambiental de la Comunidad de Madrid se desarrolló este Trabajo de Investigación para generar un conjunto de datos que aporten algunos elementos de juicio a los gestores de los ámbitos administrativos (Ayuntamientos), orientado la toma de decisiones en procura del mejor aprovechamiento, uso u ordenación del territorio bajo su jurisdicción, del mejoramiento de la calidad ambiental y la reducción de los riesgos consecuentes de las actividades humanas desarrolladas sobre el conjunto espacial entre otros muchos aspectos.

Utilizando las funciones que en materia de medición y análisis de cambios ofrece el Sistema de Información Geográfica Idrisi 32, se detectaron los cambios en la cobertura de la tierra a partir de la información registrada en las bases de datos digitales del proyecto Corine Land Cover y del mapa de vegetación uso el suelo elaborado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la universidad Politécnica de Madrid.

Finalmente los resultados se representan gráficamente, tomando en cuenta los

fundamentos de la Corriente Comunicacional o Semiológica de la Cartografía Temática, en base a las posibilidades y limitaciones que en esta materia ofrece el Sistema ArcView para los mapas y el programa Excel para los gráficos incluidos.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Representar cartográficamente los cambios ocurridos en la cobertura de la tierra de la Comunidad de Madrid durante el periodo 1987-1997, y derivar de los cambios registrados algunos indicadores de sostenibilidad ambiental a nivel municipal.

### **Específicos:**

1. Homogeneizar los mapas de cobertura de la tierra de 1987 (Corine) y 1997 (Vegetación).
2. Determinar los cambios presentados en las categorías urbanas, agrícolas y naturales, y valorar la calidad de los mismos
3. De los cambios identificados derivar algunos indicadores ambientales del desarrollo sostenible.
4. Deleitar a nivel municipal la variabilidad porcentual de los indicadores considerados y condensarlos en una matriz de datos
5. Bajo el enfoque comunicacional o semiológico de la Cartografía Temática representar cartográficamente los resultados obtenidos

## **METODOLOGÍA**

El trabajo ha sido desarrollado, en cuatro grandes Fases:

**I.-Revisión Bibliográfica**, hemerográfica y cartográfica, sobre el tema y el área de estudio, con el fin de establecer antecedentes el estado actual del problema tratado y las bases teórico metodológicas sobre las que sustente el presente trabajo.

**II.-Procesamiento de la información**, contenida en las siguientes fuentes de datos digitales:

1. Mapa de cobertura de la Comunidad de Madrid, base de datos Corine Land Cover, de la Consejería del Medio Ambiente, elaborado con imágenes Landsat del verano de 1987, a escala 1:100.000, en formato vectorial, contentiva de una leyenda jerárquica compuesta de 64 categorías (López. 1989).
2. Mapa de vegetación y uso del suelo por elaborado por la cátedra de planificación y proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, en formato raster, tamaño del píxel 50 x 50 metros, con 162 categorías de ocupación levantadas mediante interpretación de fotografías aéreas de 1995 a escala 1:18.000 (Consejería del Medio Ambiente, 1997).

Para el desarrollo de esta investigación la primera de las bases de dalos digitales enunciadas, fue financiada por el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá y la segunda fue Facilitada por la Consejería del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. España

Mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica Idrisi y ArcView, se procedió a identificar y cuantificar los cambios en la cobertura y los indicadores ambientales de sostenibilidad a nivel general y municipal fase esta que comprende diversas actividades:

**1.-Procesamiento preliminar** de los mapas Corine y Vegetación, con el fin de homogeneizar sus propiedades tales como el formato, el tamaño del píxel, las coordenadas máximas y mínimas, el número de filas y columnas y el número y tipo de categorías de sus leyendas. Como resultado de estos procesos previos se elaboraron dos mapas de cobertura con las propiedades requeridas por el SIG Idrisi para aplicar la función "crosstab". la cual intercepta ambos mapas y genera un mapa de cruce que contiene los cambios y estabilidades ocurridos en la Comunidad de Madrid.

**2.-Producción de Cartografía Dinámica.** Aplicándose sucesivas reclasificaciones al mapa producto del unce entre las coberturas de las dos fechas consideradas para generar varios tipos de mapas en los cuales se representan las superficies estables y dinámicas, así como también, los incrementos y las reducciones de manera general, por categorías y por municipios

**3.-Valoración de los cambios.** Apoyándonos en la labia de valoraciones presentada por Otero (1993) para la Comunidad de Madrid, se clasificó el mapa de cruce y se elaboraron los mapas (detallados y generales) sobre la calidad del cambio ocurrido.

**4.- Determinación de Indicadores Ambientales de Sostenibilidad.** Particularmente los que se derivan de los cambios en la cobertura ocurridos en la Comunidad de Madrid durante el periodo considerado y que se reúnen en los siguientes grupos:

A.-El primer grupo compuesto por los porcentajes de cada categoría que cambia de cobertura por unidad de tiempo.

B.-El segundo grupo conformado por los siguientes indicadores ambientales

1. Superficie arbórea incrementada
2. Superficie arbórea perdida.
3. Pérdidas naturales debidas al crecimiento urbano

4. Pérdidas agrícolas debidas al incremento urbano
5. Superficie natural perdida
6. Superficie natural incrementada
7. Deforestación con fines agrícolas

Para cumplir con esta etapa previamente se reclasificó el mapa de cruce, en base a los parámetros que definen los indicadores. Los mapas generados para cada indicador fueron posteriormente exportados desde el sistema Idrisi al sistema ArcView, donde se interceptaron con el mapa municipal, para extraer de las respectivas tablas de atributos los datos requeridos en la siguiente expresión general:

Indicador (%) = (Superficie total ocupada por el indicador en cada municipio / Superficie total de cada municipio)\*100

Una síntesis de los resultados fue presentada en una matriz de doble entrada donde se registra la variabilidad de cada indicador a nivel municipal.

**III.- Diseño cartográfico**, utilizando las posibilidades ofrecidas por el sistema ArcView, se realizaron las composiciones cartográficas con base en los siguientes criterios:

1. Uso de escalas de representación pequeña para incorporar todos los mapas dentro del texto con la finalidad de que el lector simultánea y rápidamente, reconozca los patrono de distribución espacial, realice las comparaciones entre las superficies reducidas e incrementadas en cada cubierta y mantenga la lectura continua y sistemática del documento Al elegir un nivel de generalización tan alto se pierde en legibilidad y detalles particularmente sobre las unidades de menor tamaño.

En vista del volumen que podría tener un anexo cartográfico en papel, con 43 mapas (plegados varias veces) elaborados a escala 1:200.000

aproximadamente y el elevado costo de impresión, se optó por solventar esta dificultad anexando al documento una versión digital de los productos cartográficos.

2. Crear imágenes simples de fácil e instantánea percepción (Bertin 1966) con pocos elementos, organizados en el plano en forma jerárquica, ubicando los componentes de la información más importantes en el sector del plano de mayor valor visual, tomando en cuenta principios de jerarquía, armonía equilibrio y sencillez. Aspectos estos que de acuerdo con la Ley de Pragnanz de la Teoría de la Gestalt (Dondi. 1976) permiten calificar como buenas las organizaciones psicológicas así elaboradas, por cuanto producen menor tensión, son mas simples por ende más fáciles de comprender
3. Por las limitaciones que presentan tanto las variables visuales para la representación de información espacial como nuestro órgano visual en el proceso de percepción de la misma (Flores. 1995), las leyendas de las imágenes cartográficas de acuerdo con Grelot (1992) deben tener como máximo 7 categorías. En un esfuerzo por acercarnos a esta propuesta los mapas elaborados no sobrepasan las 12 categorías.
- 4 Uso de la variable visual color, la cual posee un nivel de organización cualitativo y no jerárquico, adecuada para representar información de similar naturaleza. La información cualitativa y jerárquica, se representó con la variable visual saturación, de manera tal que los tonos mas oscuros puedan provocar en el usuario una asociación inmediata con las categorías de mayor valoración y los más claros con los de menor jerárquica.

**IV.- Análisis de los resultados y redacción del documento,** cuyo contenido textual es combinado con diversos elementos gráficos y tabulares, para representar la distribución y variabilidad espacial de los

cambios (Mapas), resumir las superficies afectadas (Diagramas) y mostrar el balance sobre el sentido progresivo y regresivo de los cambios y los signos de estabilidad encontrados (Tablas)

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO Y**  
**ANTECEDENTES GENERALES**

## **MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO**

La detección de cambios en la cobertura de la tierra y su cartografía- mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, constituye un campo de investigación en creciente desarrollo en las últimas décadas, gracias al auge de las nuevas tecnologías de la información, las cuales posibilitan la manipulación de grandes cantidades de datos y el análisis espacial automatizado para determinar el sentido progresivo y regresivo de la dinámica espacial y sus signos de estabilidad, el establecimiento de tendencias, la identificación de las causas y consecuencias de la acción del hombre sobre el medio, la valoración del impacto, la observación de la estabilidad ecológica y su relación con procesos de toma de decisión, entre muchos otros aspectos.

Ante la multiplicidad de temas relacionados con investigaciones de este tipo. la producción cartográfica de los cambios en la cobertura ocurridos en la Comunidad de Madrid para derivar indicadores ambientales a nivel municipal objeto del presente trabajo, se circunscribe dentro de los aspectos teórico-metodológicos que a continuación se enuncian:

### **Enfoque cartográfico**

Los avances tecnológicos y el desarrollo de diversas corrientes del pensamiento han incidido en el proceso evolutivo y el enriquecimiento de la base teórico metodológica que sustenta a la Ciencia Cartográfica propiciando el levantamiento, procesamiento y representación más fidedigna de la gran variedad de fenómenos presentes sobre la superficie terrestre.

Dentro del campo de la Cartografía Temática, se han desplegado diversos enfoques para orientar las investigaciones en áreas como la cognición y percepción, la cartografía automatizada, la visualización cartográfica, y la semiología gráfica, entre otras. Para los seguidores de esta última tendencia, los productos cartográficos cumplen la función de transmitir información a un usuario particular y en procura de la mayor eficacia comunicacional, integran los fundamentos de las ciencias de la comunicación y de la psicología de la

percepción visual al proceso de concepción de imágenes cartográficas.

Tal interés ha sido expresado indirectamente por autores de diversas regiones del mundo (Bertin. 1964, Moles 1992, Sancho et al, 1993b; Suavita, 1994; Cortizo. 1994; Robinson et al 1995; Flores. 1995: Lois 2000), aportando los fundamentos necesarios para elaborar imágenes cartográficas expresivas claras, legibles y fácilmente perceptibles.

Siguiendo este enfoque y enmarcado dentro del modelo de comunicación: emisor-mensaje-receptor, se representan los fenómenos espaciales, mediante la aplicación de un proceso metodológico que comprende las siguientes fases (Aldana y Flores, 1999):

- 1.- Definición de los objetivos de la representación: integrando los propósitos del emisor, el diseñador y el receptor del mensaje

- 2.-Análisis preliminar de la información: incluyendo su naturaleza (puntual, lineal. superficial. volumétrica), escala de medición (nominal, ordinal razón e intervalo), nivel de organización (cualitativo, cuantitativo, ordenado), carácter continuo o discreto y forma de presentación de los dalos (individual, agrupada).

- 3.-Análisis cartográfico de la información: para definir la escala de representación, identificar los componentes del mapa base sobre la cual se representarán los temas geográficos, establecer el sujeto y componentes número, longitud, nivel de organización) de la información, definir el tipo de generalización cartográfica (estructural, conceptual) que se pretende aplicar y su nivel (alto, medio, bajo).

- 4.-Análisis y selección de los medios gráficos: para determinar el nivel de organización de los medios gráficos disponibles (Mapas, Diagramas, Símbolos y Redes, variables visuales; modos de implantación; dimensiones del plano), seleccionar entre ellos el que presente una correspondencia similar con la información a representar y que transcriba las diferencias, similitudes, orden, proporcionalidad, dependencia y relaciones topológicas existentes entre los datos, de manera tal que se minimicen las ambigüedades y contradicciones

que puedan surgir en el receptor.

5.-Diagramación de la imagen cartográfica de acuerdo a principios de jerarquía, armonía, equilibrio y peso que se basan en los fundamentos de la percepción visual, particularmente en la Teoría de la Gestalt y en los hábitos de lectura de las sociedades humanas (Moles. 1992).

6.-Representación preliminar y evaluación, mediante la verificación del nivel de eficacia comunicacional alcanzado, analizando en conjunto el nivel de lectura (detalle, subconjunto. conjunto) el tiempo de lectura (alto, medio, bajo) o esfuerzo utilizado por el receptor en la comprensión del mensaje (costo mental)

7.-Representación final, una vez realizadas las correcciones necesarias para su posterior impresión y/o reproducción

La integración de estas etapas en el proceso de producción cartográfica, puede conducir a la elaboración con la mayor eficacia comunicacional, de mapas puntuales, lineales, superficiales, milimétricos, cualitativos, cuantitativos, analíticos o sintéticos, relativos a un momento del tiempo o a la evolución en un período específico. Este último aspecto, por su parte constituye el objeto de estudio de la Cartografía Dinámica, permitiendo expresar, de acuerdo con Steimberg citado por García Abad (1991), los estados de cambio o estabilidad en dos líneas de trabajo:

- a) la cartografía clásica de los flujos o desplazamientos que ocurren sobre el espacio y de las evoluciones sociodemográficas o económicas.
- b) la cartografía de los cambios o transformaciones ocurridos en las redes urbanas, en las aptitudes y limitaciones del territorio y en la cobertura de la tierra, área objeto del presente trabajo.

Por otra parte y de acuerdo con Palacios (1994), los cambios en los fenómenos geográficos, se puede representar a través de métodos estáticos (documentos rígidos) y dinámicos (animaciones visuales), mediante procedimientos manuales o con el uso de herramientas automatizadas. Los métodos estáticos se basan en algunos casos en la representación del tiempo en secuencias de mapas de fechas diferentes sobre un mismo lugar, lo cual

dificulta la reconstrucción de la historia de un hecho geográfico cuando se multiplican los mapas en función del número de fechas evaluadas.

En otros casos se procede a intersección o superposición de mapas de distintas fechas, para obtener un mapa con una alta densidad gráfica-contentiva de un elevado número de categorías de cambios y de unidades estables. Con el objeto de favorecer la legibilidad y utilizando diversas técnicas y criterios, usualmente se seleccionan y representan en una imagen solo los cambios más importantes detectados simplificándose así el mapa original.

Sin embargo el proceso de generalización puede ser obviado o en su defecto minimizado, si se presentan por separado, los cambios ocurridos en cada cubierta, dando como resultado tantos mapas como categorías se consideren, lo cual dificulta la interpretación a nivel integral y global, pero no se pierde información que puede ser relevante para la ordenación territorial. Por lo tanto al usar estos métodos es recomendable definir un número bajo de categorías.

### **Cambios en la cobertura de la tierra y Si temas de Información Geográfica.**

En muchas investigaciones el uso de la tierra es abordado en sus enfoques formal y funcional (Sancho et al, 1995) y en otras el análisis se limita a la consideración de sólo uno de estos aspectos.

La cobertura de la tierra (aspecto formal) levantada por medio de la interpretación de imágenes de la superficie terrestre obtenidas desde sensores remotos, fundamentalmente describe la localización, distribución, configuración y el tamaño de las unidades espaciales, a través de categorías generalmente predefinida en clasificaciones estandarizadas a nivel internacional o regional y con frecuencia adaptadas a las características particulares del área tratada. A nivel europeo por ejemplo, dentro del programa Corine Land Cover (López, 1989), se elaboró una leyenda organizada en tres niveles jerárquicos, que

contienen 5 clases en el primer nivel, 15 en el segundo y 44 en el tercero, para caracterizar las formas de ocupación artificial, agrícolas y naturales, de los países adscritos a la Comunidad Europea.

El aspecto funcional del uso habitualmente es obtenido en el campo, a partir de encuestas-entrevistas aplicadas sobre la población que desarrolla sus actividades en los espacios evaluados, ya que, difícilmente la complejidad y variedad de propósitos y formas como el hombre manipula la tierra y sus recursos, podrían detectarse directamente de la información recopilada en las imágenes satelitales.

Aunque algunos autores reconocen estos dos enfoques del uso, otros coinciden en utilizar los términos paisaje, cobertura y uso como equivalentes, en tanto describen la configuración y el tamaño de unidades espaciales que visualmente reflejan determinada homogeneidad. (Bosque et al 1997).

Sin embargo de acuerdo con Chuvieco (1999), el tipo de ocupación de la superficie terrestre es obtenida de la información captada desde sensores remotos sobre la señal emitida por los objetos, la cual no siempre describe el uso al que se destinan los mismos. Por lo tanto la ocupación debe entenderse como cobertura y no como sinónimo de uso.

Los términos uso de la tierra y uso del suelo también se emplean indistintamente, en un esfuerzo por remarcar las diferencias, algunos organismos como la FAO (1995) y algunos autores citados por Briassoulis (1999) le adjudican al concepto de tierra un contenido más integral, amplio y holístico en el que se incluye la capa sedimentaria próxima a la superficie, asociada con las reservas de agua subterránea y el suelo, los atributos de la biosfera ubicada inmediatamente sobre la superficie (atmósfera y clima más cercano), los componentes físico y humanos de la superficie, los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente, las características ambientales como quietud, privacidad, apariencia estética, la disponibilidad de

aire y agua limpios, entre otros.

Dentro del marco precedente y de acuerdo con algunos autores citados por Briassoulis (1999) la cobertura comprende entonces el estado biofísico de la superficie terrestre, expresado en términos de cantidad y tipo de cubierta vegetal, aguas, materiales terrestres y estructuras humanas que la integran.

Para registrar los cambios en la cobertura se han utilizado métodos visuales (Díaz, 1984) a través de la comparación de mapas o fotografías aéreas de fechas distintas- y procedimientos de superposición manual de mapas analógicos automatizada de imágenes digitales. Entre las técnicas de intersección automatizada se conocen:

1. Las funciones incluidas en las aplicaciones desarrolladas para la interpretación digital de imágenes satelitales, en cuyo caso la detección de cambios puede establecerse empleando técnicas cuantitativas como: diferencias, regresiones y componentes principales, entre otras (Chuvieco 1996).
2. Las funciones para detectar cambios circunscritas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) sobre la información contenida en mapas previamente digitalizados.

Tal como lo reseñan muchos autores, los Sistema de Información Geográfica han alcanzado durante las últimas décadas un gran desarrollo en la búsqueda de soluciones a los múltiples problemas que se presentan sobre el espacio terrestre, constituyendo una herramienta utilizada con creciente interés en las disciplinas que analizan datos espaciales.

Por el conjunto de sistemas de entrada, almacenamiento, análisis y salida de datos que los integran, los SIG son considerados como unos de los principales instrumentos que permiten, entre muchas otras actividades, visualizar escenarios pasados y actuales, detectar su evolución así como también simular los futuros.

De acuerdo con Bosque (1997) en su expresión más simple un SIG constituye un conjunto de mapas digitales, que representan la misma porción del territorio, en los que un lugar concreto tiene las mismas coordenadas en todos los mapas incluidos en el sistema de información

Conforman los SIG una componente espacial para establecer la localización geográfica y las relaciones topológicas de cualquier punto del espacio representado cuya expresión física lo conforman los mapas y una componente temática que enuncia las características naturales o sociales, espaciales y temporales, cualitativas o cuantitativas del territorio en consideración. Los objetos espaciales (punto, líneas, polígonos) son almacenados en las bases de datos en formato vectorial o raster, conformando las dos versiones en que se han desarrollado los sistemas disponibles.

El modelo vectorial, codifica los límites o perímetros de los objetos lineales y poligonales, mediante el registro de las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos que lo integran. La información temática se almacena en un tabla de atributos adjunta a la imagen gráfica o mapa.

El modelo raster se basa en a superposición sobre el mapa analógico fuente, de una retícula con unidades de igual forma y tamaño, cada una de las cuales registra el valor temático contenido en el mapa analógico, por lo que esta versión codifica el interior de los objetos en una o varias teselas, celdillas o píxeles.

El análisis de cambios es un área de aplicación importante de los SIG en formato raster, específicamente en el tutorial del Sistema Idrisi se agrupan las técnicas utilizadas en los siguientes tres tipos:

- 1.- Técnicas para el análisis de tendencias y anomalías a lo largo de múltiples imágenes.
- 2.- Métodos para modelos predictivos y validaciones.

3.- Y técnicas para comparaciones entre imágenes sobre:

- Múltiples fechas.
- Y dos fechas, subdividas a su vez, en dos tipos según la naturaleza de los datos:
  1. Cuantitativos.
  2. Cualitativos, como las imágenes de cobertura de suelo, a partir de la función: **CHANGE CROSSTAB** generándose una nueva imagen en la cual un identificador único es asignado a cada combinación de valores originales. Los valores numéricos de las clases y el tipo de clases deben ser idénticos sobre ambos mapas, para que la salida desde la función crosstab sea posible. Las funciones **RECLASS** o **ASSING** pueden ser posteriormente utilizadas para crear una imagen con las categorías que cambian y las que permanecen estables.

Adicionalmente al mapa de cruce, una matriz cross-clasification y las estadísticas de la similitud entre los dos mapas interceptados es simultáneamente generada por la función change crosstab del sistema Idrisi

La Tabla o matriz cross-clasification muestra la frecuencia con la cual las clases se han mantenido iguales (frecuencia a lo largo de la diagonal) o han cambiado (frecuencia fuera de la diagonal). En una última columna a la derecha de la matriz se totalizan las pérdidas de cada cubierta y en la última fila se indican las ganancias.

Desde la perspectiva cartográfica los estudios temporales sobre cobertura de la tierra de algunas comunidades españolas registrados en la literatura, despliegan en un único mapa los tipos de cambio más importantes ocurridos en el período y espacio considerado. Las leyendas, en estos casos discriminan las categorías obtenidas en: estables y dinámicas, subdividiéndolas en función del tipo de cobertura (Díaz, 1984; Martínez. 1989; García-Abad, 1991. Camacho

1998).

Al respecto Díaz (1984) relaciona a las categorías estables, con aquellas que no han sufrido cambios de uso y no muestran tendencia a incrementarse o reducirse y a las dinámicas, con las zonas abandonadas o transformadas por el hombre. De manera tal que las respuestas a las interrogantes que habitualmente se formulan en el análisis de cambios (¿Qué está cambiando. en qué proporción y dónde?) han sido expresada a dos niveles:

- a) A nivel general tradicionalmente se han cuantificado las pérdidas y ganancias de cada cubierta a partir de los datos aportados por la matriz crosstabulation reseñada con anterioridad, localizándose en un único mapa las zonas estables y dinámicas (más importantes).
- b) A nivel más detallado recientemente Pontius et al (2004) han formalizado una terminología y metodología en la que se agregan nuevas columnas a la matriz crosstabulation para cuantificar los cambios y discriminarlos en: pérdidas, ganancias. Cambios netos e intercambio, además de la persistencia o estabilidad detectada.

Sin embargo, mediante reclasificaciones sucesivas del mapa de cruce se pueden elaborar tantos mapas como categorías quieran analizarse, representando por separado todos los incrementos y reducciones operados en cada una de ellas, cuyas magnitudes (cantidades, porcentajes) se establecen a partir de los datos contenidos en las tablas de atributos adjuntas a cada mapa. Este último procedimiento fue aplicado en el presente trabajo.

### **Valoración de los cambios en la cobertura.**

Algunos autores integran a la tipología de cambios, la calidad ambiental o paisajística de las cubiertas que pierden o ganan superficie durante el período de tiempo evaluado, valorándose así, el efecto positivo o negativo de la acción

humana sobre las superficies naturales presentes en el territorio considerado. Entre las metodologías que permiten establecer tales valoraciones, se observa la tendencia a integrar un conjunto de variables físico naturales y sociales, morfológicas y funcionales, perceptivas o no intrínsecas y extrínsecas cualitativas o cuantitativas, para tipificar unidades espaciales en base a distintos grados de calidad ambiental (Gómez, 1976; Otero, 1993; Galacho, 1998 García, 1999) o paisajista.

Para valorar la calidad paisajística se utilizan:

- Métodos directos que se derivan de la contemplación o percepción del paisaje (Gómez, 1976; Sancho et al, 1995). y conducen al registro, a través de pesos predefinidos que permiten valorar la opinión o percepción de expertos, del público en general o de los usuarios de los espacios considerados y
- Métodos, indirectos que parten de la evaluación de la calidad visual (Bosque et al, 1997) en la que se integran diversas variables para generar categorías de: baja, baja media, media, media alta y alta calidad paisajística. Sin embargo, en este campo, muchas otras metodologías de valoración se han aplicado, mediante:
  - La .descomposición (Ducasse et al, 1986) del paisaje en elementos como: geomorfología, cubierta vegetal y actuaciones humanas, basada en datos cartográficos y métodos de clasificación específicos, para diferenciar grupos de paisaje de calidad baja, media, media alta, alta y muy alta.
  - La desagregación de numerosos indicadores por unidad morfológica, por hábitat, por polígono y por municipio entre otros (Milego y Núñez, 1998),
  - La integración de índices de protección y variables ecológicas, combinado con variables edafológicas y agronómicas como: aptitud del suelo y productividad potencial de las categorías de uso para valorar la cubierta vegetal (Alguacil, 1985), en diversas categorías de valoración

El interés por establecer la calidad del paisaje en estudios dinámicos de cobertura, devela en alguna medida el tipo y la magnitud de las pérdidas o

ganancias vegetales ocasionadas por la intervención humana, sus consecuencias y las medidas a implementar para resolver los problemas detectados.

En este sentido el uso de índices de fragilidad ecopaisajística (Acebillo y Folch, 1997) constituye una alternativa indirecta de valoración, en tanto que es obtenido a partir de la integración de las pendientes, el clima y el sustrato geológico, para diferenciar el carácter muy frágil, frágil, y poco frágil de las unidades de paisaje evaluadas.

La aplicación de estas metodologías con tecnología SIG, requiere del levantamiento de información básica natural y socioeconómica y su disponibilidad en formato digital, en ocasiones difícil de obtener.

Sobre el área de nuestro interés y en relación al tema de la calidad del cambio, sólo se encontró en la literatura la clasificación propuesta por Otero (1993), quien resume en una tabla de doble entrada la comparación entre tipos de paisaje del año 72 con cada tipo de 1982. Las valoraciones contenidas en la tabla se desprenden de la aplicación del método Delphi (Linstone et al, 1975), el cual permite resolver conflictos derivados de la asignación de valores a descripciones cualitativas. Este método comprende una serie de actividades en las que un panel de expertos en la materia, emite una respuesta a un cuestionario de preguntas relativas al problema tratado; un posterior tratamiento estadístico de la información recopilada y un proceso interactivo y de retroalimentación consecutiva, entre el investigador y los expertos señalados, convergen hacia la obtención de valores representativos de la realidad.

Para la comunidad de Madrid, siguiendo esta metodología, Otero generó una tipología que valora la calidad del paisaje afectado, en las siguientes categorías:

- 1.- Cambio extremo negativo

- 2.-Cambio grande negativo
- 3.- Cambio moderado negativo
- 4.- Cambio leve negativo
- 5.- Cambio que no afecta a la calidad del paisaje
- 6.- No hay cambio
- 7 –Cambio leve positivo
- 8 -Cambio moderado positivo
- 9.- Cambio grande positivo
- 10.- Cambio extremo positivo

Los cambios negativos representan las áreas naturales y agrícolas que cambian a artificiales y los positivos expresan la situación contraria, la subdivisión jerárquica de las valoraciones se asocia a las pérdidas o las ganancias ocurridas en los diferentes tipos de cubiertas agrícolas y vegetales considerados.

### **Desarrollo Sostenible e Indicadores Ambientales**

La preocupación del hombre por el daño ocasionado a la naturaleza, se viene manifestando en las últimas décadas al incluir el aspecto ambiental en las concepciones de desarrollo económico y social. Los esfuerzos realizados en esta materia se han dirigido hacia la creación y aplicación de un modelo de desarrollo sostenible que minimice la degradación del medio y garantice su aprovechamiento por parte de las generaciones futuras. Bajo esta orientación se han realizado diversos trabajos sobre lo que Di Pace y Crojethovich (s/f) reconocen tres enfoques:

1. Un enfoque "Neoliberal", asociado al de "eco-eficiencia", sostenido en un crecimiento económico el que se contabilizan y pagan los costos asociados a la degradación y agotamiento de los recursos naturales.
2. Un enfoque unido al concepto de "necesidades básicas" y orientado a alcanzar el bienestar social, manteniendo condiciones ecológicas para

sustentar la vida humana actual y futura.

3. Un enfoque “estructuralista” que propone la reformulación de los medios y fines del desarrollo en base a principios de equidad y justicia social, entre individuos, regiones y naciones.

Desde estas y otras perspectivas se han planteado numerosos conceptos de desarrollo sostenible, la mayoría de los cuales coinciden por una parte, en integrar en una unidad a sus tres grandes componentes y por la otra, en establecer modelos u esquemas de organización de sus indicadores, en una estructura sistémica, que permita evaluar y valorar: el estado, presión y respuesta de las decisiones y acciones ejecutadas y por ejecutar sobre los espacios considerados.

En este sentido, diversas agencias y organismos internacionales, regionales, nacionales y locales (PNUMA, EUROSTAT, FAO-ONU, UNCSD, UE, TEPI, etc.), han publicado propuestas de indicadores, basados fundamentalmente en las conclusiones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río en 1992, reunidos en la Agenda 21, en 4 grandes secciones, 40 capítulos, y más de 100 indicadores que cubren los aspectos sociales, económicos y ambientales de la sostenibilidad (ONU. 1992) La componente ambiental, por su parte, es tratada en la Agenda, en los capítulos 18, 17, 12, 13, 15, 16, 9, 21, 19. 20, 22, **10, 14 y 11**; los tres últimos se resaltan en este aparte por cuanto abordan respectivamente: la planificación integrada y el manejo de los recursos de la tierra, el fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenible y la lucha contra la desertificación, conformando los temas o preocupaciones ambientales, en los que se exponen indicadores relacionados con los cambios en la cobertura de la tierra, tales como: los cambios en el uso de la tierra (capítulo 10), las tierras del regadío como porcentaje de las tierras cultivables (capítulo 14) y la variación de la superficies de bosques (capítulo 11) (ONU, 1996; ONU, 1999).

Algunas propuestas plantean la integración de indicadores en Índices con una

alta capacidad de síntesis en términos de densidad de información, simplicidad, capacidad comunicativa e importancia política, de manera tal que la formulación de políticas ambientales no sea entorpecida por la existencia de demasiados datos detallados difíciles de interpretar, por la falta de información básica con la cual comparar cambio o por datos que son inconsistentes en el tiempo o en el área geográfica (ASDA.1994). La tendencia actual en consecuencia, se orienta a la distribución de los datos en una estructura piramidal, con una base amplia donde se ubica la información básica, una zona intermedia compuesta por los sistemas de indicadores y un vértice superior que contiene los índices; por lo tanto el número de componentes se reducen de la base al vértice (Gallardo y Vallejos. 1999).

Sin embargo, aún se debate sobre la necesidad de muchos indicadores detallados o pocos índices, los cuales para algunos autores, presentan un carácter muy agregado, amplio y general obstaculizando la descripción y evaluación de la situación ambiental.

Específicamente Brinkman (2001) en relación los cambios en el uso de la tierra, remarca la complejidad de relaciones causa-efectos que ocurren entre el hombre y el medio, lo cual es imposible de reunir en un indicador y plantea la necesidad de desglosar los cambios en una serie de variables, representándose por ejemplo la tasa de cambio de uso, en una matriz que muestre la transición entre cada par de usos como proporción del área por unidad de tiempo.

Diversos criterios se han utilizado para diseñar y organizar los sistemas de indicadores, tales como; preocupación o interés ambientales, áreas de sistemas ecológicos, subáreas, indicadores y variables asociadas.

El sistema más conocido y utilizado a nivel europeo es el modelo PER (Presión-Estado-Respuesta) introducido por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), en su estructura inicial más simple, y

los modelos posteriormente desarrollados: FER: Fuerza conductora-Estado-Respuesta y FPEIR: Fuerza conductora-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. Desde esta concepción se reconoce la presión que ejercen las actividades humanas sobre el medio ambiente, lo cual induce cambios en la calidad y cantidad de los recursos naturales y provocan una respuesta de la sociedad para mitigar, prevenir y controlar el daño ocasionado (CCE, 1994)

La mayoría de las propuestas se basan en el sistema PER; sin embargo Pino (2001) considera esta línea dominante de tipologías como incipientes y exploratorias, en tanto parte de un enfoque sectorial con una lógica vectorial (origen, dirección, destino) que limita el resultado a un diagnóstico puntual e impiden el establecimiento de relaciones intersectoriales, por lo tanto, no son adecuados para la formulación de políticas preventivas. Plantea asimismo la autora, la necesidad de explorar nuevas formas de integrar la información existente para reconocer las relaciones funcionales y estructurales que se operan en una realidad tan compleja, dinámica, multiescalar y multidimensional, como lo es el espacio geográfico.

Se requiere por lo tanto un enfoque holístico y sistémico aplicado dentro de un equipo multidisciplinario para la creación de nuevas metodologías de trabajo que permitan efectuar un seguimiento de la sostenibilidad y una evaluación actual o futura de la misma, mas cercana a la realidad.

Entre tanto, los indicadores ambientales son definidos por el Ministerio del Medio Ambiente Español (1996) como una variable o estimación ambiental que aporta información agregada y sintética sobre un fenómeno y con base en la función que cumplen son clasificados por la OCDE (Mantiega, 2000) en los siguientes grupos:

1. Indicadores de evaluación ambiental, generalmente organizados en torno a una preocupación ambiental (cambio climático, eutrofización, pérdida de la biodiversidad, etc.) o a grandes sistemas ecológicos (agua, suelo, atmósfera, biodiversidad, etc.) que expresan el estado del medio

- ambiente, la presión que este soporta y la respuesta social.
2. Indicadores de integración de integración sectorial, reflejan la integración entre los efectos ambientales sectoriales (agricultura, turismo, transporte, etc.) y las condiciones ambientales.
  3. Indicadores de integración socioeconómica que informan sobre la presión social que el medio soporta y el coste ambiental asociado a la actividad económica.

En esta estructura se basa la propuesta de indicadores ambientales establecida para España, (Ministerio del medio Ambiente, 1996) apoyándose más en los grandes medios de entorno natural que en la problemática asociada, y se compone de 4 áreas: Atmósfera, Residuos, Medio Urbano y Recursos Naturales. Esta última se divide en 6 subáreas temáticas: Biodiversidad, Bosques, Costas, Medio Marino, Suelo y Agua. En cada caso se especifica la preocupación ambiental del área y subárea y los indicadores de presión-estado-respuesta que lo integran.

Dentro de este sistema y relacionados con los cambios en la cobertura sólo se presentan los indicadores: superficie arbolada, Tasa de variación de la masa forestal y superficie arbolada incendiada, incluidos en el área Recursos Naturales y la subárea Bosques, cuya preocupación ambiental es fundamentada en la calidad y extensión del Bosque como sustrato básico para la producción forestal para la formación y conservación de suelos, la prevención de la erosión, el mantenimiento de microclimas, de la biodiversidad del clima mundial y de muchos valores recreativos y estéticos.

Para la Comunidad de Madrid, el Ministerio del Medio Ambiente (García Cañete et al, 1999) presenta una propuesta de indicadores ambientales que no sigue la estructura PER, pero toma en cuenta 7 áreas que según sus autores representan y sintetizan la situación ambiental de la región, tales como: medio socioeconómico, medio urbano, atmósfera, residuos, agua, suelos, biodiversidad y bosques

También en este caso, sólo en las áreas suelos, biodiversidad y bosques, se describen indicadores relacionados con los cambios en la cobertura.

Aún cuando se reconoce la importancia de aplicar indicadores diseñados sobre la base de las preocupaciones o problemáticas ambientales de área objeto del análisis y en vista del poco número propuesto para la Comunidad de Madrid, en la literatura consultada encontramos una gran cantidad de indicadores que directa o indirectamente podrían derivarse de la temática tratada en este trabajo, tales como: Índice de intensificaciones agrícolas, Superficie de bosques por tipos, Deforestación con fines agropecuarios, comerciales e industriales, y producción de leña y carbón, Superficie reforestada, Tasa de variación de la masa forestal, Superficie arbolada incendiada, Variación de la superficie de bosques en término absoluto o como porcentaje de la tasa de deforestación, Área de expansión urbana, Cambio de uso de la tierra desde natural áreas construidas, Porcentajes de cada categoría que cambia de uso por unidad de tiempo, Cambio en el estado de las tierras positivos o negativos, Tierras de regadío como porcentaje de las tierras cultivadas, Área total natural vs. Área total, Pérdida de área agrícola debido al crecimiento urbano, Pérdida de área natural y agrícola debido al crecimiento urbano vs. Área total, Área agrícola abandonada, Superficie sembrada, Área usada para agricultura intensiva, Porcentaje de tierra arable irrigada, Cambio a cultivos más tolerantes y Cambio la tasa de abandono de la tierra, entre otros. Algunos de estos indicadores fueron considerados en el presente trabajo.

La mayoría de los indicadores e índices han sido diseñados para ser calculados en valores absolutos o relativos por año, a partir de datos provenientes de las estadísticas levantadas encada región. La representación gráfica de estos datos permitirá observar no sólo en forma global y a lo largo del tiempo la curva de variación positiva o negativa del aspecto económico, social y ambiental evaluado, sino también identificar con múltiples fines el valor puntual alcanzado en un año específico.

Aún cuando existe una literatura numerosa relacionada con la sostenibilidad y las formas de medirla, las observaciones de algunos autores, parecen mostrar el largo camino que aún resta por correr en esta campo, lo cual se detecta en la falta de especificidad de algunos indicadores para el análisis de la sostenibilidad de los recursos de cada área, (Xan, s/f), las carencias u omisiones, la necesidad de promover nuevas variables y de definir indicadores de ámbitos más detallados y basados en datos más representativos de las zonas a evaluar, entre otros aspectos.

### **ANTECEDENTES GENERALES**

La mayoría de las investigaciones sobre cambio en la cobertura mediante el uso de SIG, se han desarrollado sobre algunos sectores de la Comunidad de Madrid, tales como: las principales vías de comunicación radial (Serrano, 2001) el sureste (Sancho et al, 1993a; Castro García, 1993) el valle medio del Jarama (Palacios, 1994), el alto valle del Losoya (Palomar, 1998), y pocos sobre la totalidad del territorio.

En este último caso es importante destacar el trabajo de Otero (1993), por cuanto describe la situación de la Comunidad de Madrid en el período anterior: 1972-1982; parte de la comparación entre dos bases de datos distintas (COPLACO e Ing. De Montes), a escala mediana 1:200.000, uso de SIG Arc/info con categorías de cobertura similares a las seleccionadas para este estudio y categorías de cambio donde también se valora la calidad del paisaje afectado. Representa esta publicación el punto de referencia precedente más cercano, permite la comparación entre periodos y aporta parte de la base metodológica para la presente investigación.

En esta misma línea, destaca el trabajo Serrano (2001), quien también caracteriza los cambios ocurridos en la Comunidad de Madrid, fundamentalmente en sus áreas urbanas y a lo largo de los 6 principales ejes viales y radiales que la integran (Burgos, La Coruña. Barcelona, Valencia, Extremadura y Andalucía), durante el periodo 1987-1997.

Aún cuando se aprecian puntos comunes entre el trabajo de Serrano y el presente, es importante demarcar las diferencias fundamentales:

1. Serrano, mediante técnicas de reclasificación y el uso del SIG vectorial ArcInfo, reduce las 64 categorías del mapa Corine a 7 categorías de ocupación: urbano, seco, regadío, vegetación natural (matorrales y pastizales), forestal, espacios abiertos y zonas húmedas, para generar el mapa de ocupación de 1987, con un tamaño de píxeles igual a 200 m. En nuestro caso, con el SIG raster: Idrisi, reclasificamos el mapa Corine (100 m de píxel) para obtener 12 categorías de ocupación.

2. El mapa de cobertura de 1997, elaborado por Serrano mediante el uso combinado de técnicas de fotointerpretación y técnicas de clasificación automatizada de imágenes de satélite Landsat y el uso de software ERDAS, identificando 12 categorías de ocupación, reducidas posteriormente a las 7 enunciadas con anterioridad. En la presente investigación, se reclasificó el mapa publicado por la Escuela Técnica Superior de Ing. de Montes, elaborado mediante la interpretación de fotos aéreas de 1995. Por lo tanto, nuestro estudio realmente describe los cambios ocurridos durante el período 1987-1995, pero se respeta la fecha de publicación del mapa original (1997)

3 En el trabajo de Serrano se obtienen 49 categorías de cambio y se describe sólo los incrementos operados en cada categoría de ocupación. En nuestro caso se obtiene más de 100 categorías de cambio y se describen por separado la totalidad de incrementos y las reducciones operados en cada cubierta.

4. El trabajo de Serrano persigue como objetivo central: establecer la influencia de la red vial en el crecimiento, estructura y morfología urbana de la Comunidad de Madrid, mediante el análisis de diversas variables y la elaboración de los mapas que muestran su comportamiento a lo largo de los principales ejes viales. Nuestro trabajo está más orientado hacia la derivación de indicadores ambientales de sostenibilidad en la totalidad de la

Comunidad madrileña, como el fin de aportar datos para la toma de decisiones.

Un antecedente significativo, también lo constituye el trabajo elaborado por Zarate et al (1998), quien describe desde una perspectiva más ecológica, los cambios en la ocupación de la Comunidad Autónoma de Madrid. Inicia el autor su trabajo con la fotointerpretación de 26 categorías de ocupación, evaluadas sobre una muestra compuesta por 676 parcelas, cuyos registros se presentan en fotos aéreas de los años 1956. 1972. 1980 y 1991 El grado de cobertura de las categorías se estableció en base una escala ordinal de 7 clases predefinidas y presentadas en los mapas elaborados. Los cambios más importantes en la tipología y estructura de usos de la tierra, fueron definidos a partir de una clasificación multivariante de las 676 observaciones de cada año y para las 26 categorías de uso reconocidas.

Se identificaron los cambios en el número, tamaño y contraste entre teselas, tipo de uso e importancia relativa de cada uno de ellos. Se utilizaron diversos criterios y variables ecológicas, como el valor de amplitud del nicho, la abundancia relativa de cada uso, la heterogeneidad del paisaje y el uso de escalas particulares, para establecer el incremento o disminución de las categorías, todo lo cual dificulta la comparación con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Además de las referencias enunciadas han generado muchas publicaciones sobre la gran cantidad fenómenos, procesos y factores sociales, económicos, políticos, estructurales e incluso de carácter físico natural, que han incidido en las transformaciones espaciales sucedidas a lo largo del tiempo y que han marcado la configuración y distribución de la ocupación y uso del espacio, en una región metropolitana tan compleja y dinámica como la Comunidad de Madrid, donde se encuentra la capital del país y los centros del poder económico y administrativo españoles. Estos trabajos hacen referencia a sectores o a la totalidad de la Comunidad, y sobre un número variable de los

temas señalados, basando fundamentalmente en la interpretación de fuentes de datos extraída de las estadísticas oficiales o de información levantada en áreas concretas de esta región madrileña. Un resumen muy sucinto de algunos de estos procesos se representa en el capítulo II del presente trabajo.

El marco precedente parece indicar que dentro de los límites de las referencias consultadas, sobre cambios en la cobertura de la tierra de la Comunidad de Madrid, se han realizado pocas investigaciones a nivel regional y un mayor número a nivel local, fundamentadas en criterios ecológicos, geográficos o la combinación de ambos, a partir del análisis y evaluación del comportamiento, en diversos períodos de tiempo, de variables con distinto grado de complejidad y número. Empleándose diversas metodologías y técnicas (automatizadas o no) para levantar, procesar y cartografiar en un único mapa sólo los cambios más importantes detectados, los cuales son seleccionados mediante la aplicación de diversas técnicas y criterios.

Por otra parte, en el proceso de diseño de los productos cartográficos se incorporan con mayor frecuencia los principios de la Corriente Comunicacional o Semiológica de la Cartografía Temática, reconociéndose así el papel relevante de la expresión cartográfica y de la concepción de los mapas como medios de comunicación de información espacial. Bajo tal orientación, se mencionan por ejemplo, el programa Europa 2000 (Caballero y V., 1997), donde se plantea la elaboración de diagnósticos y estrategias territoriales, sobre un plano metodológico que centra su interés en los recursos y opciones cartográficas y semiológicas con las que se realizan las operaciones básicas propias de un modelo territorial y los esfuerzos iniciados desde 1982 en el Instituto Geográfico Nacional de España, para la presentación de las Bases cartográficas Nacionales digitales, con un nuevo estilo, en el que se suprime el concepto de mapa isla, prolongando la información extraprovincial hasta el marco de cada mapa (ING España, 2001)

Finalmente en materia de sostenibilidad ambiental es importante destacar el

trabajo realizado por García Alvarado (2000), quien analiza variables como: la capacidad potencial de uso agrícola de los suelos, el grado de urbanización de los municipios y la calificación urbanística del suelo como una primera aproximación del grado de lejanía o proximidad, del modelo de la Comunidad de Madrid, a los principios de sostenibilidad ambiental.

**CAPÍTULO II**  
**LA COMUNIDAD DE MADRID**  
**CARACTERÍSTICAS GENERALES**  
**PROCESOS Y TRANSFORMACIONES RECIENTES**

## **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Los temas presentados en este capítulo, constituyen un resumen muy sucinto de la información contenida en las referencias biblio-hemerográficas y en algunas páginas Web consultadas, cuyos autores en algunos casos no son claramente especificados.

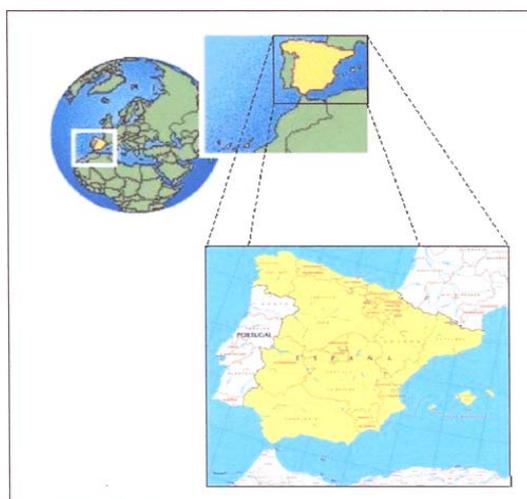
## **ÁREA DE ESTUDIO**

La Comunidad de Madrid, región capital de España, ocupa el 1,6% de la superficie total nacional, alberga una población superior a los 5 millones de habitantes, con una alta densidad 625,6 hab./Km<sup>2</sup>. distribuida en círculos concéntricos ligeramente alargados sobre los ejes de comunicación radial, con un cierto sesgo hacia el oeste, a partir del municipio central: Madrid, el cual absorbía para 1996, más del 57% de la población total de la Comunidad (Cuervo y Casado, 2002).

## **UBICACIÓN**

La Comunidad de Madrid, situada en el centro de la península Ibérica (Mapas N° 1 y 2), limita al norte y al oeste con Castilla y León y las provincias de Segovia y Ávila, al este con Castilla-La Mancha y las provincias de Guadalajara y Cuenca y con Toledo al sur. Es la duodécima comunidad en extensión, con 8.022 Km<sup>2</sup>, donde se localiza la ciudad de Madrid, capital de la Comunidad y de España

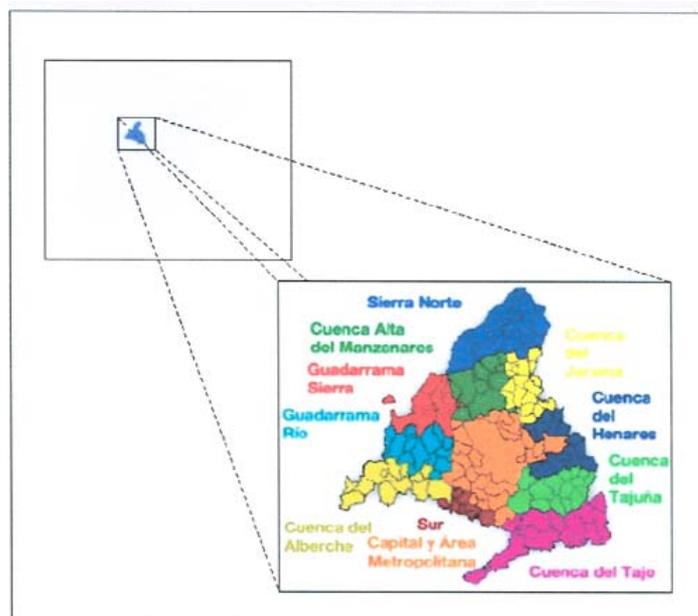
Ubicación relativa. Fuente: (\*)



Mapa N° 1

Los municipios de la Comunidad forman parte de 11 grandes sectores o comarcas que integran su territorio (Mapa N° 2): la Sierra Norte; La Cuenca Alta del Manzanares, La Sierra de Guadarrama, el río Guadarrama, la Cuenca de Alberche, el Sur, la Capital y su área Metropolitana, la Cuenca del Tajo, la Cuenca del Tajuña, la Cuenca del Henares y la Cuenca del Jarama.

Sectores o comarcas de la Comunidad de Madrid. Fuente: (\*)



Mapa N° 2

Corresponden sus coordenadas geográficas a los 41° 10' de Latitud Norte y 39° 53' de Latitud Sur, 0° 38' de Longitud Este y 0° 53" de Longitud Oeste, distinguiéndose por su máxima cota, el pico Peñalara con 2430 msnm y el sector Villa del Prado con 480 msnm por su menor altitud.

---

(\*) Los mapas N° 1 y 2 fueron elaborados mediante la integración de varios mapas publicados en las siguientes páginas Web:

- [http://europa.eu.int/abc/maps/members/spain\\_en.htm](http://europa.eu.int/abc/maps/members/spain_en.htm)
- [http://www.guiame.net/flash/ccaa/c\\_madrid.html](http://www.guiame.net/flash/ccaa/c_madrid.html) y
- <http://www.cordis.lu/madrid/src/intro.htm>

## **ASPECTOS FÍSICOS GENERALES**

### **CLIMA E HIDROGRAFÍA**

La Comunidad de Madrid limita al norte con el sistema montañoso central y al sur con el valle del río Tajo; la diferencia altitudinal y la disposición del relieve establecen dos climas diferentes, uno en las zonas montañosas, de inviernos fríos con temperaturas medias de 0 °C en enero y veranos suaves (17°C) en julio y otro mediterráneo continentalizado en el resto de la región (15°C de media anual), cuyos inviernos son relativamente fríos y los veranos calurosos, con una temperatura media de 24-25 °C en el mes más cálido. Las precipitaciones son escasas, pero presentan importantes diferencias zonales: 300 mm anuales en las tierras llanas y 600 mm en la montaña.

En primavera y en otoño las temperaturas son suaves, conformando el período en que se producen las mayores lluvias de origen tormentoso en algunos casos, siendo el verano bastante seco. En la clasificación climática de Köpen, Madrid es calificado como Cs: mesotermal, templado húmedo con verano seco y lluvioso en invierno. Con respecto al índice de aridez de Martonne, figura en el tipo de "estepas y países secos mediterráneos", y de acuerdo con el índice termo pluviométrico de J. Dantín C. y A. Revenga C., se ubica en la zona "árida", casi en el límite de la "semiárida" (Higuera, 1988).

Toda la Comunidad pertenece a la Cuenca Hidrográfica del río Tajo. Los Ríos Lozoya, Guadalix y Manzanares constituyen afluentes de la margen izquierda del río Jarama.

El río Torete afluente del río Henares y el río Tajuña confluyen sus aguas en el río Jarama por su margen derecha, el cual desemboca en el río Tajo. Comprende también la red hidrográfica de la Comunidad, el río Guadarrama con su afluente el río Autencia y el río Alberche alimentado por los ríos Cofío y Perales, procedentes de las cumbres montañosas.

## **LITOLOGÍA Y RELIEVE**

La Comunidad de Madrid se sitúa en el centro de la meseta española. Los movimientos diferenciales verticales de los bloques formados, durante el terciario conformaron las zonas elevadas de la Sierra y las deprimidas cubiertas de sedimentos continentales: la Cuenca, la cual está formada por una meseta que se extiende como una llanura ondulada desde la cordillera central, con una ligera pendiente hacia la Cuenca del río Tajo (Comunidad de Madrid, s/f). Entre estas dos grandes unidades se despliega una zona de transición correspondiente a la rampa madrileña.

### **La Sierra**

Un relieve montañoso y accidentado formado por rocas de origen paleozoico y carácter plutónico (granito) o metamórfico (gneis y pizarra), caracteriza esta unidad.

Desde el Puerto de Somosierra y las estribaciones de la Sierra de Ayllón hasta las Peñas de Cenicientos, la topografía se compone de una sucesión de laderas y cumbres en las que se encuentran las zonas de mayor altitud de la Comunidad, con una cota máxima de 2.430 m en el Pico de Peñalara y donde la vegetación compuesta de robles y castaños se presenta a partir de los 1.000 metros. Por encima de los 1.600 m; se observa la presencia del pino silvestre acompañado de piornales y helechos y en las cumbres se intercalan enebrales con praderas y rocas en los lugares más altos, cubiertas de nieve una buena parte del año (Comunidad de Madrid, s/f).

La sierra de Madrid es una parte importante del sistema montañoso central que forma una franja oblicua de orientación NE-SW con una longitud de 140 Km y una anchura de 25 Km. Comprende tres tramos: Somosierra (cuarcitas y pizarras), Guadarrama y Gredos (granitos y rocas metamórficas). Somosierra ubicada en la zona más oriental, donde destacan cumbres como los Picos: Tres Provincias (Pena Cebollera) de 2.128 m. Coto de Montejo de 2.045 m, Cebollera Nueva de 1.834 m. Peña La Cabra de 1.831 m. Tornera de 1.865 m.

Centenera de 1.809 m, Somosierra de 1.431 m y Cabeza Antón de 1.396 m.

Se denomina Guadarrama al tramo montañoso que discurre desde los montes próximos al Puerto de Somosierra hasta la depresión del río Alberche, agrupándose en dos sectores:

Guadarrama oriental y Guadarrama occidental, cuyo punto de contacto es Siete Picos (2138 m) y Cerro Ventoso (Comunidad de Madrid, s/f)

### **La Depresión o Fosa del Tajo**

Cuenca sedimentaria formada por arenas, arcillas, yesos y calizas, compuesta de terrazas originadas por los ríos Manzanares, Jarama y Henares, afluentes del Tajo que bajan en dirección N-S.

Esta unidad corresponde a las zonas de menor altitud que alcanzan su cota mínima de 480 m en el río Tajo a su salida de la Comunidad. Su relieve es relativamente accidentado y, en las zonas altas, abundan los llanos y los cerros-testigos en forma de tablas horizontales, a modo de mesetas, constituidos por materiales sedimentarios, generalmente de origen terciario. En las zonas más bajas aparecen las terrazas fluviales constituidas por materiales cuaternarios, y entre los llanos, cerros y terrazas son abundantes los escarpes abruptos provocados por la erosión sobre los materiales sedimentarios.

En la Fosa del Tajo dominan los materiales sedimentarios de origen terciario, con calizas en los páramos margas y yesos en las zonas altas y escarpes, y aluviones calizos en las terrazas fluviales. Las calizas, que se sitúan en las zonas más altas, son relativamente permeables, mientras que las margas y los yesos son prácticamente impermeables y dan lugar a la frecuente presencia de afloramientos de agua en las laderas.

El árbol típico de esta zona es la encina, acompañada de enebros, jara, madroño, coscojos, romero, tomillo y retama donde viven animales como el gamo, el ciervo, el jabalí y la liebre. En las riberas de los ríos aparece la

vegetación compuesta por álamos, sauces y chopos.

### **La Rampa**

Es la unidad geomorfológica que se ubica entre las dos anteriores. Constituye una zona de media pendiente conformada por materiales procedentes de la Sierra. En la Rampa aparecen también, a modo de islotes más o menos dispersas, depósitos calizos de origen secundario, que son relativamente abundantes en el extremo nororiental de la Comunidad; en esta unidad predominan los materiales ácidos y pobres en bases (Comunidad de Madrid, s/f).

### **ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS**

En la Comunidad de Madrid existen diez espacios naturales protegidos gestionados por la Consejería de Medio Ambiente, agrupados en ocho figuras de protección diferentes, que ocupan un 13% de la superficie total (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1. Espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid.

Fuente: (Comunidad de Madrid, s/f)

Nombre	Figura de Protección	Superficie(Ha)
Cuenca Alta del Manzanares	Parque Regional	46.728
Cursos Bajos de los ríos Manzanares y Jarama	Parque Regional	31.550
Curso Medio del río Guadarrama y su entorno	Parque Regional	22.116
Pinar de Abantos y Zona de la Herrería	Paraje Pintoresco	1.171
Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara	Parque Natural	768
El Regajal-Mar de Ontígola	Reserva Natural	635
Hayedo de Montejo de la Sierra	Sitio Natural de Interés Nacional	250
Peña del Arcipreste de Hita	Monumento Natural de Interés Nacional	50
Laguna de San Juan	Refugio de Fauna	47
Soto del Henares	Régimen de Protección Preventiva	332

Cuenta además la Comunidad de Madrid con otras áreas protegidas como: 9 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), 13 Embalses que ocupan 5469 ha y 14 Humedales con 1696 ha (Comunidad de Madrid, s/f).

## **PROCESOS Y TRANSFORMACIONES SOCIOECONÓMICAS RECIENTES**

Los procesos socioeconómicos resumidos en este aparte, ocurridos en la Comunidad de Madrid durante la segunda mitad del siglo XX y estrechamente vinculados con la dinámica de la cobertura del período evaluado en el presente trabajo, reflejan el conjunto general de factores que han incidido en la conformación del patrón espacial configurado durante la década 1987-1997.

### **DINÁMICA DEMOGRÁFICA:**

Los saldos migratorios positivos, presentados antes de los años 70 en la Comunidad de Madrid, constituyeron el principal factor de crecimiento poblacional. Posteriormente, se inicia la etapa de moderación de sus valores y el registro de saldos negativos.

En la reducción del saldo natural influye la disminución de la tasa de natalidad y el incremento de la mortalidad por el envejecimiento de la población. El pequeño aporte rejuvenecedor de los inmigrantes proveniente de diversos países de Europa, África, Latinoamérica y Asia y la tendencia de las nuevas generaciones a asumir un modelo de fecundidad cada vez más urbano, se cuentan como otros de los factores que afectaron el saldo demográfico.

La disminución de la inmigración interior liga: la a la crisis económica de principios de los años 90, al mayor dinamismo y atractivo ejercido por otras comunidades de España y al incremento de la emigración, constituye el segundo factor de marcada influencia en este proceso.

La dinámica demográfica tiende a repetirse en el tiempo y en los distintos espacios metropolitanos, en función de su posición relativa con respecto a la capital, siguiendo un patrón de redistribución como el que a continuación se enuncia:

En una etapa inicial ocurre una inmigración ir tensa de población joven y activa,

que pasa a incrementar el tamaño de los pequeños centros poblados ubicados en los municipios más cercanos a la capital y a generar en ellos un saldo natural positivo. Cuando esta población pasa a una edad madura, se reduce el crecimiento natural y se entra en una fase de envejecimiento, pues los grupos adultos jóvenes emigran a zonas más periféricas, cercanas a los centros de empleo y donde el costo de la vivienda es menor. Las zonas periféricas de Madrid por lo tanto se estancan.

Los municipios de la primera corona del área metropolitana emprenden el proceso de decrecimiento y también tienden a estancarse, y los de la segunda corona se dividen entre los que tienen una población adulta joven con un alto crecimiento natural y un saldo migratorio menor que años atrás y los que aún reciben inmigrantes. Los municipios no metropolitanos más próximos al área metropolitana inician un comportamiento demográfico y desarrollo urbano similar al de la segunda corona.

Por otra parte, se produce una pequeña recuperación de los espacios rurales no afectados por la periurbanización, lo cual se debe a unos crecientes flujos migratorios de dos tipos:

- Migraciones de jubilados que vuelven al pueblo de origen y los oriundos de otros pueblos que transforman en principal una antigua segunda residencia.
- Migración de población joven y activa que busca, entre muchas otras motivaciones, condiciones de vida distinta a las urbanas o realizar actividades ligadas al desarrollo local. A mediados del siglo XX se operaron entonces, dos tipos de movimientos migratorios:

**1. Las migraciones exógenas interprovinciales:** dominantes hasta mediados de los años 70, ocasionados por el fuerte desarrollo económico que se presenta en España, convirtiendo a Madrid en el principal foco de atracción del país, fundamentalmente de población rural proveniente de las comunidades vecinas. Proceso este que durante el quinquenio 1991-1996, se reduce en la capital española, disminuyendo la inmigración rural-urbana y aumentando el flujo emigratorio centro-periferia (segundo tipo de movimiento).

**2. Las migraciones intraprovinciales.** De gran importancia desde los años 70, se corresponden con flujos de corta distancia, que se movilizan sucesiva y progresivamente desde la almendra central a la primera corona metropolitana, a la segunda e incluso más lejos según se desarrolla la red vial regional; vinculados fundamentalmente a cambios en el ciclo y forma de vida de las familias, a las características del mercado inmobiliario, a la conversión del espacio periurbano en un espacio productivo dependiente del conjunto metropolitano, a la escasez de viviendas a precios asequibles, a la oferta de empleo industrial en las periferias y a la cercanía de las fuentes de trabajo del sector terciario, persistentes en el centro de la capital.

Además de los factores señalados con anterioridad destaca en este caso el valor inducido o sentido que la población, fundamentalmente de mayor poder económico, tiende a exigir sobre la calidad ambiental de los espacios donde establecerá su residencia permanente o temporal, generando un incremento de viviendas en la denominada "sierra rica" de la Comunidad.

#### **Sectores de la Economía:**

Como efecto de los procesos migratorios enunciados, se detecta una tendencia a la pérdida de peso de las actividades primarias. Predomina la actividad ganadera sobre la agrícola en las comarcas serranas del suroeste de la Comunidad.

En todos los municipios de tradición agraria el envejecimiento de la población es notable y ante la ausencia de los sectores secundario y terciario se produce la regresión del sector primario en forma imparable aunque lenta.

El peso de la ocupación industrial en la capital se ha visto disminuida desde 1991, excepto por el sector sur metropolitano y el Corredor del Henares donde se mantienen valores altos, pero paralelamente se ha presentado un mayor incremento en los espacios periurbanos, llegando a registrarse en 1996, más del 30% de ocupados en el sector secundario.

El peso de la construcción también ha disminuido en el periodo 1991-1996. La localización de estas actividades en la zona no metropolitana se aprecia tanto en las comarcas de la sierra pobre y al sur oeste entre los ríos Alberche y Cofío, como en las vegas del sureste, espacios éstos muy próximos a los núcleos de alta construcción de vivienda principal, afectados por el desarrollo de viviendas secundarias

La terciarización es alta y se agudiza desde 1991, concentrándose en la capital (abarcando el 76,2% de ocupados) en los municipios periurbanos de la Sierra de Guadarrama y entre las carreteras de Colmenar Viejo y los Pantanos, donde el hábitat turístico-residencial está muy desarrollado.

En 1996 se incorporan también algunos núcleos periurbanos del Corredor del Henares, del valle del Jarama y del eje de la carretera de Andalucía, notándose un incremento importante en la sierra pobre, al ser favorecida por el fenómeno de segunda residencia, la expansión del turismo rural y la dotación de infraestructuras y equipamientos.

Los procesos enunciados, constituyen un resumen muy sucinto del trabajo realizado por diversos autores y publicado por la Dirección General de Economía y Planificación, adscrita a la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid (2002) en conjunto con la Universidad Complutense de Madrid.

La situación de ámbitos específicos con relación a las dinámicas marcadas por la globalización económica, social y cultural es compleja y divergente, y ha sido expresada por numerosos autores, para diversas zonas rurales (Díaz, 1984; Silva, 2002; Prados y Cunningham, 2002; Gutiérrez, 2002, entre otros) o urbanas y rururbanas (Gómez, 1981; Méndez, 1994; Caravaca, 1998; Méndez y Mecha, 2001, etc.)

## **CRECIMIENTO URBANO**

El período 1980-1996 constituye una etapa de transición, entre la desaparición total o parcial de estructuras tradicionales y el inicio e intensificación de la globalización económica, cuyos efectos sobre la organización del territorio se manifiesta en dos nuevos desequilibrios espaciales: la presencia de espacios emergentes e innovadores bien conectados con las redes y las áreas marginales y estancadas mal conectadas o excluidas (Caravaca, 1998).

De acuerdo con algunos autores (Serrano, 1998; López de Lucio, 1998; Caravaca, 1998; Pozo, 1998), el proceso de urbanización ha sido importante a lo largo del siglo, pero más acelerado a partir de 1950, estrechamente vinculado al proceso de redistribución de la población, que provocó el vacío de grandes áreas del interior y su concentración en pocas regiones, como consecuencia del modelo de desarrollo y crecimiento económico, territorialmente diferenciado y también polarizado que se estaba imponiendo.

El lento crecimiento urbano ocurrido durante el período 1900-1950 constituye la antesala de los grandes flujos migratorios rurales del periodo 1951-1981, que se ubicaron en las proximidades de importantes áreas industriales de Barcelona y Madrid.

Los cambios progresivos de la política económica tradicional hacia el liberalismo económico capitalista, el agotamiento y ruptura del modelo agropecuario tradicional cerrado y la apertura al exterior, la oferta de empleo industrial, la modernización tecnológica, la mecanización de muchos procesos productivos y el crecimiento del sector terciario, constituyen algunas de las causas que incidieron en el éxodo rural y el consecuente crecimiento urbano.

El período posterior 1981-1996, estuvo marcado por la reducción y cambio en las tendencias urbanizadoras, influido por los factores demográficos reseñados y por la evolución de la actividad económica. Un conjunto de complejas razones sociales, culturales y políticas explican el proceso centrífugo que se inicia en las grandes ciudades, durante este período.

Madrid, con un fuerte crecimiento demográfico y urbano, pasó de ser un gran núcleo central, a una región urbana conformada por un área metropolitana múltiple con varias coronas de núcleos urbanos, vinculado a otros espacios colindantes urbanizados, experimentando reducciones en la población del municipio central, desde 83% (1950) a 57% (1996), expandiéndose hacia los municipios de la periferia, donde se ubican las empresas, equipamientos y viviendas, como consecuencia, entre otros factores, de las crecientes deseconomías de escala, la descentralización productiva y los imperativos del mercado inmobiliario.

López de Lucio (1998) resume este proceso describiendo la región urbana formada en torno a la ciudad de Madrid, como un nuevo paisaje que tiende a la desdensificación, fragmentación y progresiva dispersión hacia espacios más amplios, debido entre otros aspectos, a la:

1. Descentralización progresiva de la-s actividades.
2. Suburbanización residencial predominando las bajas densidades y la vivienda unifamiliar aislada.
3. Fragmentación del territorio y especialización de las piezas.
4. Creación de centralidades periféricas alternativas, para satisfacer necesidades de la población cubiertas por el gran centro comercial y de ocio regional o subregional.
5. Empobrecimiento, especialización y privatización del espacio público.

La Comunidad de Madrid a finales del siglo XX, se sintetiza entonces, en la consolidación del modelo de ciudad difusa, caracterizada por la disminución de la población en el espacio metropolitano y el pronunciado crecimiento de los núcleos no metropolitanos.

### **DESCENTRALIZACIÓN INDUSTRIAL:**

Los trabajos publicados por Méndez (1994), Pozo (1998), y Méndez y Mecha

(2001), permiten condensar este punto:

Desde finales del siglo XIX, cuando se supera el modelo productivo artesanal-manufacturero, hasta la década de los 60 del siglo XX, en que se incorpora España en la economía capitalista, el sector fabril madrileño ha estado caracterizado por etapas sucesivas de crisis y reactivación, propiciados por la consolidación y mejora de la red radial de transportes interiores para comunicar la capital con los puertos y fronteras, la expansión y centralización de la administración, la recepción masiva de inmigrantes de las áreas rurales interiores, un mercado de consumo y trabajo, la falta de tradición industrial en los municipios del entorno, entre otros, favoreciendo la distribución polarizada de las implantaciones industriales.

Al auge industrial ocurrido entre los años 60 y 75, beneficiado por las economías externas y de aglomeración generadas en la capital del país, unido a factores internos como: el alto costo del precio del suelo, la creciente vinculación de las empresas a mercados extraregionales y las restricciones impuestas por el planeamiento urbanístico, así como la creación de grandes polígonos industriales en los municipios próximos a las carreteras radiales de acceso a Madrid, propiciaron conjuntamente una difusión masiva de la industria hacia los distritos periféricos de la ciudad. Es así como los municipios del sur y este del área metropolitana, como Alcalá de Henares y Aranjuez y antiguos centros ubicados en las carreteras de Barcelona y Andalucía, alcanzaron un apreciable crecimiento industrial.

Las relaciones entre economía, tecnología, espacio y urbanización, en conjunto con una serie de factores como: la creciente oferta de venta y alquiler de naves, el escaso control urbanístico y una menor carga impositiva, entre otros, condujeron la reestructuración del sistema productivo, la desindustrialización/terciarización de las grandes ciudades capitalistas y la industrialización de las periferias, particularmente, junto a polígonos de vivienda de alta densidad y baja calidad que albergaron a los inmigrantes

rurales en busca de empleo.

Contribuye así la industria a la formación de una región metropolitana afectada por un proceso de urbanización muy intenso, transformando la morfología, funcionalidad y socioeconomía de todo su territorio.

A partir de 1985 y hasta el inicio de la década del 90, la industria volvió a experimentar una reactivación, gracias a las nuevas condiciones que imponen el proceso de globalización y al reforzamiento de las ventajas comparativas que continuaba ofreciendo la región metropolitana de Madrid, cuya posición hegemónica como principal centro de decisiones empresariales, con una base productiva diversificada, recursos humanos abundantes y cualificados, elevada presencia de servicios a las empresas y su posición como nudo de interconexión a la economía mundial, atrajo un elevado número de inversiones extranjeras.

Desde 1990 se inicia una nueva fase recesiva, por los altos costos que soporta un espacio densamente urbanizado, las diseconomías que genera la congestión, la creciente oferta de suelo urbanizado en polígonos periféricos, entre otros, favoreciendo la difusión de un número creciente de actividades a distancias cada vez mayores.

Se producen modificaciones de carácter estructural, reforzando en unos casos y modificando en otros algunos de los criterios de localización y las interrelaciones espaciales heredadas, repitiéndose una vez más el proceso de aparición de nuevos espacios productivos y el declive de otros.

La difusión hacia municipios contiguos, muy dependiente de su accesibilidad al foco originario, sigue produciéndose en los sectores este y sur de la capital, sobre todo en los núcleos ubicados a lo largo de las autovías radiales, llegando a alcanzar la tercera corona periurbana en un proceso de relocalización que llega a desbordar los límites administrativos regionales hacia las provincias

vecinas de Toledo Guadalajara.

El aparente reequilibrio del movimiento centrífugo, sin embargo, continua manteniendo un modelo de localización industrial concentrado, que tiende a integrar cada vez más a las ciudades y pueblos circundantes dentro de la gran región metropolitana.

La estructura industrial heredada en cada ciudad, la respuesta social frente a los cambios y la mayor o menor habilidad de los gerentes públicos, constituyen algunos de los factores que al combinarse de diversas formas explican la variabilidad de efectos generados en cada caso.

### **URBANIZACIÓN DE LAS ZONAS RURALES**

De acuerdo con Gómez (1981), un sistema tradicional en el que el campo constituye la fuente de alimentación urbana, también estuvo afectado por el progreso tecnológico, la concentración financiera, la mejora de la red vial y de los transportes (facilitando el traslado de productos perecederos), la introducción del sistema de producción capitalista (agricultura química, y agroindustrias, modernización de ganadería: estabulación, uso de piensos, ordeñadoras automáticas, etc.), la expansión urbana a costa de espacios agrarios y forestales inducido directamente o indirectamente por la incapacidad de la Administración para preservar espacios agrícolas productivos y zona de gran valor ecológico y paisajístico, en cuyas regulaciones se expresa el carácter hegemónico de lo urbano y el residual de lo rural y los aspectos demográficos, urbanísticos e industriales reseñados, entre otros, condujeron a la explosión del sistema de relaciones campo-ciudad.

En consecuencia se produjo la desestabilización y desarticulación de los espacios agrarios, sustituyéndose así el sistema, por otro en el que el mundo rural es absorbido por el urbano y se destina el espacio rural abandonado para el servicio (parques naturales, deportes, alojamiento hosteleros, segunda residencia) de algunos ciudadanos. En tal proceso los sistemas rurales

periurbanos pasan a ser los más afectados, por su accesibilidad y proximidad a las áreas urbanas, a pesar incluso de las medidas tomadas a principios de los 80 para contener la destrucción del medio.

Sobre el tema de las áreas naturales, Sabaté (1977) destaca el papel de las segundas residencias como causa principal de su degradación y alteración. El crecimiento de residencias secundarias iniciado desde mediados de la década del 60 y acelerado en el 70, ha estado unido al crecimiento expansivo residencial al desarrollado en torno a Madrid, a la elevación del nivel de vida de las clases medias y según Gutiérrez (2002) al abaratamiento de los créditos, lo cual incrementó el consumo y a transformación de la mentalidad de los españoles, quienes demandaron una vivienda más barata, individual y con jardín propio, e incluso, una segunda residencia en el campo o la playa y medios de transporte privado para cada miembro de la familia. Así como también, aprovechar el tiempo libre para acudir a las grandes superficies de compras y ocio ubicadas a las áreas suburbanas.

Se amplía de esta manera la cobertura espacial de las residencias secundarias, inicialmente concentradas en el sector central de la Sierra de Guadarrama, hacia los alrededores o cercanías de las carreteras principales, carentes de transporte público y en consecuencia, con acceso dependiente del automóvil.

A partir de los años 70, esta vivienda de fin de semana con fines de ocio, es representada por bloques de apartamentos de 3 ó 4 pisos, aumentando la densidad, gracias a la iniciativa privada que explota y especula con los valores paisajísticos y el recurso agua, a las inversiones públicas realizadas en comunicación e infraestructuras, a las deficiencias de la Ley del Suelo de 1956 y a la falta de control de la Administración sobre las estructuras proyectadas y las desarrolladas.

Por lo tanto, la carencia de planes generales e el área no metropolitana de la provincia de Madrid, la calificación de suelo urbano mediante planes parciales

o especiales de fácil aprobación, otorgado a la mayoría de los proyectos urbanísticos desarrollados en el entorno de la capital, la aprobación tardía en 1974 de normas complementarias y subsidiarias para delimitar los usos del suelo urbano, urbanizable y rústico, con el fin de paliar la situación creada sobre espacios que ya estaban urbanizado y el bajo nivel de protección de las zonas consideradas como ecosistemas íntegros o poco d gradados, registrado en el Plan Especial del Medio Físico de la Provincia de Madrid de 1975, conforman los factores legales que favorecieron el desarrollo de las residencias secundarias en diversos lugares de la geografía, incluso sobre las grandes fincas pertenecientes a la alta burguesía madrileña.

La demanda inducida o no por los especuladores de espacios para el disfrute de la naturaleza, la necesidad de prestigio social por arte de la clase media, la proximidad a la zona urbana y la carencia de espacios verdes en la ciudad de Madrid, se cuentan como algunos de los factores socioeconómicos enunciados en la literatura.

En consecuencia, desde mediados del siglo XX, se opera el abandono del sector agrario y el incremento espectacular de la construcción, de manera muy marcada en su primera etapa y posteriormente, los procesos de urbanización y la proliferación de empresas de servicios, ocupaciones terciarias y grandes urbanizaciones generaron la difusión del modo de vida urbanos por todo el territorio, incluido el rural.

Muchos autores (Corrales. 1985; Marchante 1985; Requena, 1985; Parrondo, 1985; Palomar, 1998; Aldrey, 2002; Buenaga, 2002; Silva, 2002; Peña, 2002) coinciden en sus apreciaciones sobre el tema en distintos espacios periodos de tiempo.

Otros autores (Fariña, 1998; Sánchez. 2002 Gutiérrez, 2002) dividen el proceso de urbanización de las áreas rurales en dos grupos:

- El que ocurre sobre los municipios rurales contiguos a la ciudad y las

urbanizaciones situadas en espacios rurales e incluso en parajes naturales protegidos, definido por algunos autores como periurbanización (Gutiérrez, 2002), donde se ubican las viviendas principales.

- Sobre el espacio rural de escaso poblamiento situado más lejos del casco urbano, en pequeños valles ultramontanos. Procesos este calificado como rururbanización (Gutiérrez, 2002) mediante la proliferación de residencias secundarias, dando lugar a un espacio de ocio cuyos consumidores provienen generalmente de la ciudad de Madrid, de manera tal que del éxodo rural y el envejecimiento de la población, se ha pasado a conceptos como población rete nada, neoruralismo (Prados y Cunningham, 2002), contraurbanización y natururbanización, entre otros.

En la provincia de Toledo se distinguen dos modalidades de segunda residencia (Sánchez, 2002)

- La de los municipios de la sierra y el valle de Alberche, compuesta por la vivienda principal de un antiguo emigrante que tras su marcha a la ciudad, la dejó en el pueblo, la ha mantenido y regresa a ella en períodos de vacaciones, conformando los centros mas pequeños de residencia secundaria.
- Las de nueva construcción que forman grandes colonias en los núcleos situados en el sur de Madrid en las cercanías del río Alberche y al lado de vías de comunicación.

Estas modalidades también se pueden apreciar en la Comunidad de Madrid, aunque los puntos de origen y destino de los migrantes involucrados son evidentemente distintos a los de Toledo.

Una posición contraria en tomo a los movimientos migratorios, es manifestada por Prados y Cunningham (2002), al señalar que las tendencias centrífugas no presentan una clara dirección y recomienda mantener prudencia en las aseveraciones, dada la gran diversidad de situaciones que pueden presentarse en cada caso.

Según estos autores, los avances de la era pos industrial constituyen la base del cambio en las preferencias residenciales de la población y forman un entramado complejo que enlaza, entre otros factores a los avances tecnológico; el desarrollo de las comunicaciones, los nuevos métodos de producción y los nuevos productos para el consumo.

**CAPÍTULO III**  
**DINÁMICA Y ESTABILIDAD EN LA COBERTURA DE LA**  
**TIERRA**  
**Y**  
**CALIDAD DEL CAMBIO**

Los cambios en la cobertura de la tierra de la Comunidad de Madrid fueron determinados con el Sistema de Información Geográfico Idrisi aplicando la función Change Crosstab, la cual demanda iguales propiedades e idéntico número y tipo de categorías en los dos mapas a cruzar. Para atender estos requerimientos se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Convertir a formato Shapefile (ArcView) los trece archivos del mapa Corine, adquiridos en formato de exportación del sistema ArcInfo.
- Enlazar en ArcView las trece capas, con la función Merge del módulo GeoProcessing y eliminar las líneas que separan polígono vecinos de igual contenido temático.
- En Idrisi:
  1. Homogeneizar las propiedades de los mapas Corine y Vegetación, en términos de coordenadas máximas y mínimas, número de filas y columnas y formato raster. Este proceso se realizó en el sistema Idrisi, después de importar la capa vectorial (shape) del Corine y rasterizarla con la función: Reformat/raster/vector/poliras, tomando como referencia los parámetros del mapa Vegetación.
  2. Crear una capa binaria por reclasificación del mapa Vegetación, para enmarcar el mapa Corine dentro de los límites de la Comunidad de Madrid, mediante un procedimiento de intersección.
  3. Modificar el tamaño del píxel del mapa de Vegetación de 50x50 a 100x100, por ser estas las dimensiones utilizadas en el Instituto Geográfico Nacional de España, para difundir los datos del Proyecto Corine, actuando así, en consonancia con uno de los objetivos de este proyecto, cual es homologar clasificaciones y metodologías, para construir una base de datos territorial uniforme (López, 1989).
  4. Establecer una leyenda para ajustar las categorías de los mapas Corine y Vegetación, en un número tal de tipologías que además de ser operativa, favorezca la descripción de la dinámica ocurrida en las superficies urbanas, agrícolas y naturales de la Comunidad de Madrid y su cartografía mediante un método estático (Palacios, 1994) de representación.

Una adecuada discriminación de estas unidades puede ser reflejada en las superficies artificiales descritas en el segundo nivel de la leyenda Corine (López, 1989) y las categorías agrícolas y naturales que se desprenden del tercer nivel de la misma, conformando las 12 categorías de cobertura de la tierra seleccionadas para este trabajo.

5. Asignar las 162 clases del mapa de vegetación a las 12 categorías de cobertura mencionadas. Esta actividad fue desarrollada de manera aproximada, por las grandes diferencias existentes entre las leyendas y, particularmente, por la dificultad de identificar la categoría adecuada a las características de las clases heterogéneas.
6. Reclasificar los mapas de 1987 y 1997, para homogeneizar sus leyendas y reducir hasta 12 el total de sus categorías las cuales son definidas en la memoria descriptiva de la leyenda Corine, de la siguiente manera:

#### **1. Zonas Artificiales:**

- **Urbano:** integran esta 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 por 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 varias, 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, o alquitranadas) sin vegetación, acompañadas también por edificios y/o zonas cubiertas de vegetación.
- **Zonas de extracción minera, vertederos y en construcción:** formadas por:
  1. 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.

2. Escombreras y vertederos públicos, industriales o minerales.
3. Espacios en construcción, excavaciones de suelo o roca firme y movimientos de tierra.

## **2. Zonas Agrícolas.**

- **Tierras de labor en secano y cultivos permanentes:** dedicadas a cultivos de cereales, legumbres, forrajes, tubérculos y tierras en barbecho, por una parte; las dedicadas al cultivo de flores y frutales (viveros) y verduras a cielo abierto, bajo plástico o vidrio (incluye horticultura), por la otra, y las áreas cultivadas con plantas aromáticas, medicinales o culinarias. Entre los cultivos permanentes se agregan las superficies bajo frutales de secano y las áreas plantadas con olivos, incluyendo a presencia de olivos y viñas en la misma parcela.
- **Terrenos regados permanentemente:** asociados con las áreas bajo cultivos que requieren un aporte artificial de agua, en forma periódica o no, usando una infraestructura permanente (canal de riego, redes de drenaje).
- **Mosaico de cultivos:** comprende las zonas agrícolas heterogéneas conformadas por cultivos anuales con praderas y/o pastizales, cultivos anuales con cultivos permanentes, terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural y los sistemas agroforestales.

## **3. Zonas Forestales con Vegetación Natural y Espacios Abiertos:**

- **Bosques de Frondosas:** compuesta por áreas cubiertas principalmente de árboles, incluyendo arbustos y matorrales bajo la cubierta arbórea, donde predominan las especies de frondosas: tanto las perennifolias esclerófilas que conservan su follaje durante todo el año, e incluye los quejigales, como las caducifolias y rebollares, especies que pierden las hojas al comienzo de la estación

desfavorable: también se consideran en este grupo a las frondosas de plantación que integran las re oblaciones masivas con especies exóticas destinadas a la producción de manera.

- **Bosques de Coníferas y Bosques Mixtos:** comprende a las formaciones vegetales compuestas principalmente de árboles, incluyendo arbustos y matorrales bajo la cubierta arbórea donde predominan las coníferas: pináceas, sabinares y enebrales, así como también, los bosques mixtos de frondosas y coníferas, pero donde no se aprecia el predominio de alguna de estas especies.

- **Pastizales:** conformados por:

1. Zonas de praderas o cubiertas herbáceas tupidas, dominadas por gramíneas, que no se encuentran bajo sistema de rotación, destinado principalmente al pastoreo, pero cuyo forraje puede ser recogido mecánicamente
2. Pastizales supraforestales herbazales alpinos o culminícolas que se desarrollan en zonas altas, en las áreas donde desaparece el bosque.
3. Otros pastizales, principalmente pastos extensivos, característicos de climas secos, subhúmedos semiáridos y áridos, poblados por especies herbáceas espontáneas, susceptibles de aprovechamiento mediante pastoreo, en tierras que o se labran. Estas unidades pueden tener arbolado con una cubierta inferior al 5% o matorral que ocupe menos del 20% de la superficie.

- **Landas y Matorrales:** corresponde con superficies cubiertas de vegetación baja y cerrada dominada por arbustos, matorrales y plantas herbáceas. Comprende también esta unidad las categorías de landas y matorrales templados oceánicos, las grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso, los matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos y el matorral boscoso de transición.

4. **Superficies de aguas:** conforman esta unidad los ríos y cauces

naturales, lagos, lagunas y embalses

- 5. Otros:** correspondiente con el roquedo, las zonas de cárcavas y/o zonas en proceso de erosión, los espacios orófilos alitudinales con vegetación escasa, las playas, dunas y arenales, y las superficies quemadas.

## **CAMBIOS GENERALES EN LA COBERTURA DE LA TIERRA**

Al observar los mapas de cobertura de los años 1987 y 1997 es posible divisar los incrementos y reducciones operados en cada cubierta, para dar cuenta del evidente dinamismo que ha caracterizado a la Comunidad de Madrid durante el periodo en cuestión.

Diferencias significativas se aprecian en el Cuadro N° 2 sobre las superficies ocupadas por la mayoría de las categorías en cada año, éneo; tramos en 1997 porcentajes más altos que en 1987, en las áreas urbanas (10,74%), industriales (1,65%), frondosas (13,84%) y coníferas (9,0%), revelando incrementos significativos e tales cubiertas y reducciones notorias en las superficies de matorrales, mosaico de cultivos y pastizales (Gráficos N° 1 y 2, Cuadro N° 2); mientras que, por otra parte, en ambos años parece disponerse de la misma proporción de territorio para las actividades agrícolas, de secano y regadío.

En general se detecta en los Mapas N° 3 y 4 un patrón de distribución espacial de las categorías que se mantiene a lo largo del periodo observamos así en ambas fechas, las zonas artificiales concentradas en el centro de la Comunidad y con tendencia a dispersarse a lo largo de las principales arterias viales que comunican la capital del país con el norte, sur, este y oeste de la península ibérica.

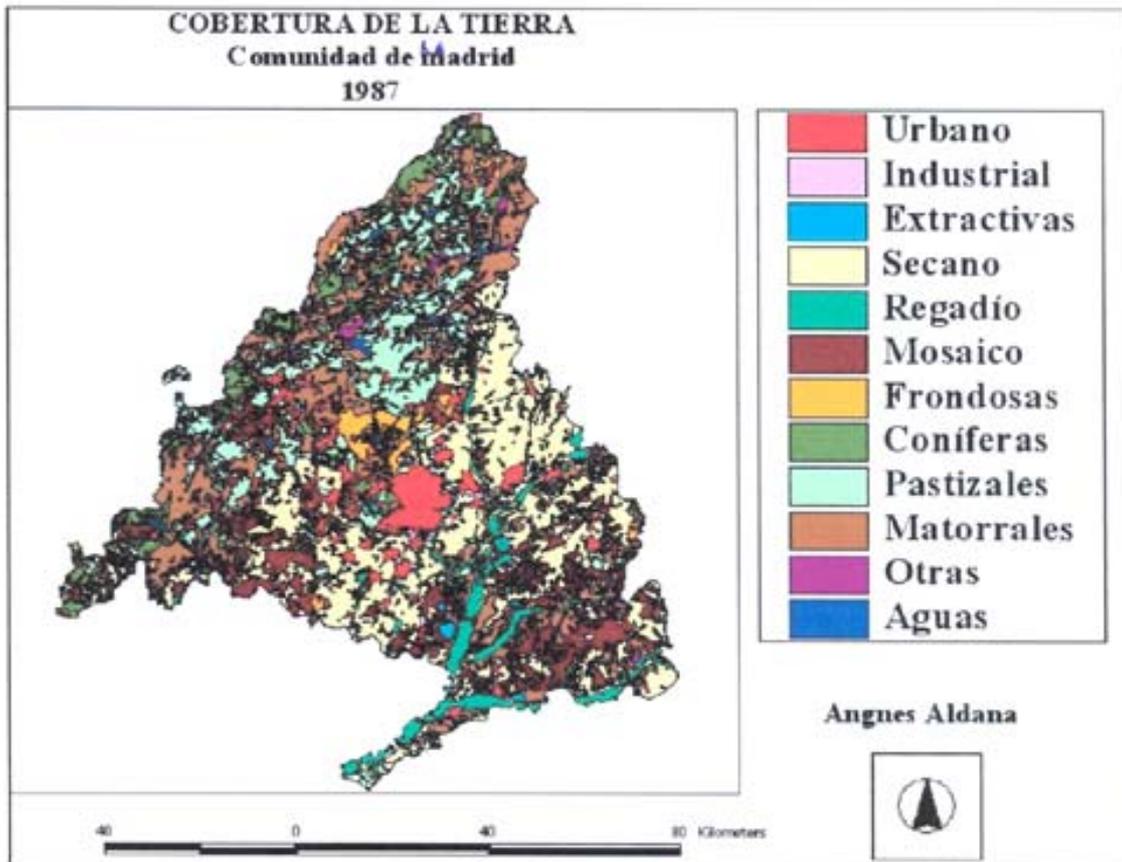
Los bosques y la mayoría de las cubiertas vegetales naturales se presentan sobre la rampa y la sierra al oeste de la Comunidad, mientras que las superficies agrícolas se extienden sobre las vegas o llanuras al sur y este de la misma.

Mosaicos de cultivos y pastizales ubicados en la región montañosa de la Comunidad, dan paso a la vegetación arbustiva y a bosques le frondosas y coníferas, mientras que los cultivos de secano y pastizales aportan espacio para la expansión urbana, tanto de la capital como de las ciudades dormitorio y para el crecimiento industrial desarrollado, desde períodos anteriores, en las periferias de su entorno.

Incrementos de los cultivos de secano al su y sureste de la Comunidad compensan y amplían un poco las pérdidas ocasionadas por el crecimiento urbano-industrial y por otras categorías, de una actividad agrícola que parece predominar y mantenerse a lo largo tiempo.

Cuadro N° 2. Superficie ocupad por las cubiertas en cada año

	Corine (1987)		Vegetación (1997)	
	Área Km2	%	Área Km2	%
<b>Cubiertas</b>				
Urbano	449,42	5,6	861,87	10,74
Industrial	64,05	0,80	132,67	1,65
Extractivas	58,29	0,73	56,88	0,71
Subtotal	571,76	7,13	1051,42	13,11
Secano	2120,5	26,43	2155,26	26,87
Regadio	328,73	4,11	332,69	4,15
Mosaico	884,21	11,02	441,38	5,50
Subtotal	3333,44	41,55	2929,33	36,52
Frondosas	313,52	3,91	1110,11	13,84
Coníferas	472,93	5,91	720,87	9,0
Pastizales	1233,23	15,37	817,62	10,19
Matorrales	1972,73	24,28	1086,59	13,55
Subtotal	3992,41	49,29	3735,19	46,56
Otras	70,62	0,88	170,69	2,13
Aguas	53,77	0,67	135,29	1,68



Mapa N° 3

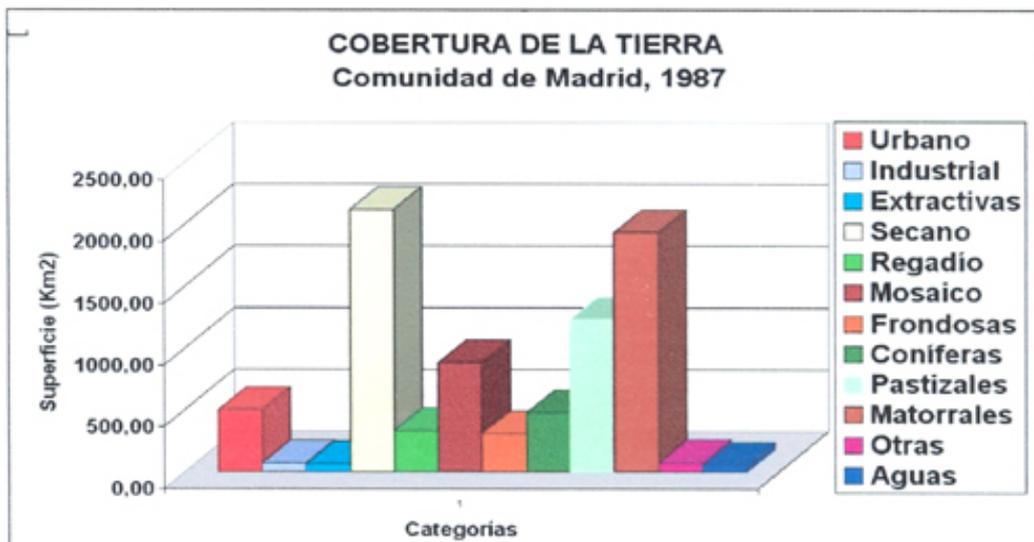
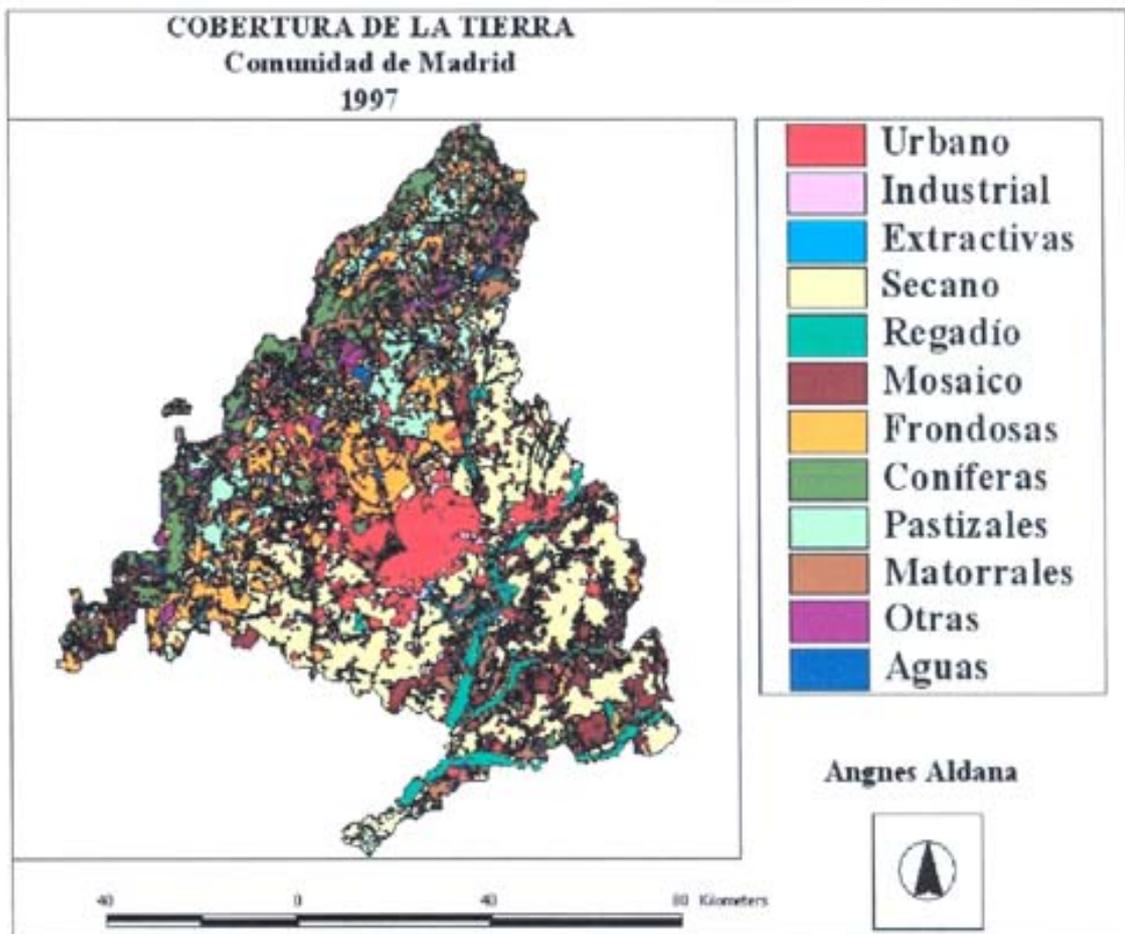


Gráfico N° 1



Mapa N° 4



Gráfico N° 2.

Resultados similares a los presentados en este trabajo, encuentra Serrano (2001) en su investigación, particularmente en relación a las reducciones considerables de pastizales y matorrales, así como también en los importantes incrementos de las áreas forestales.

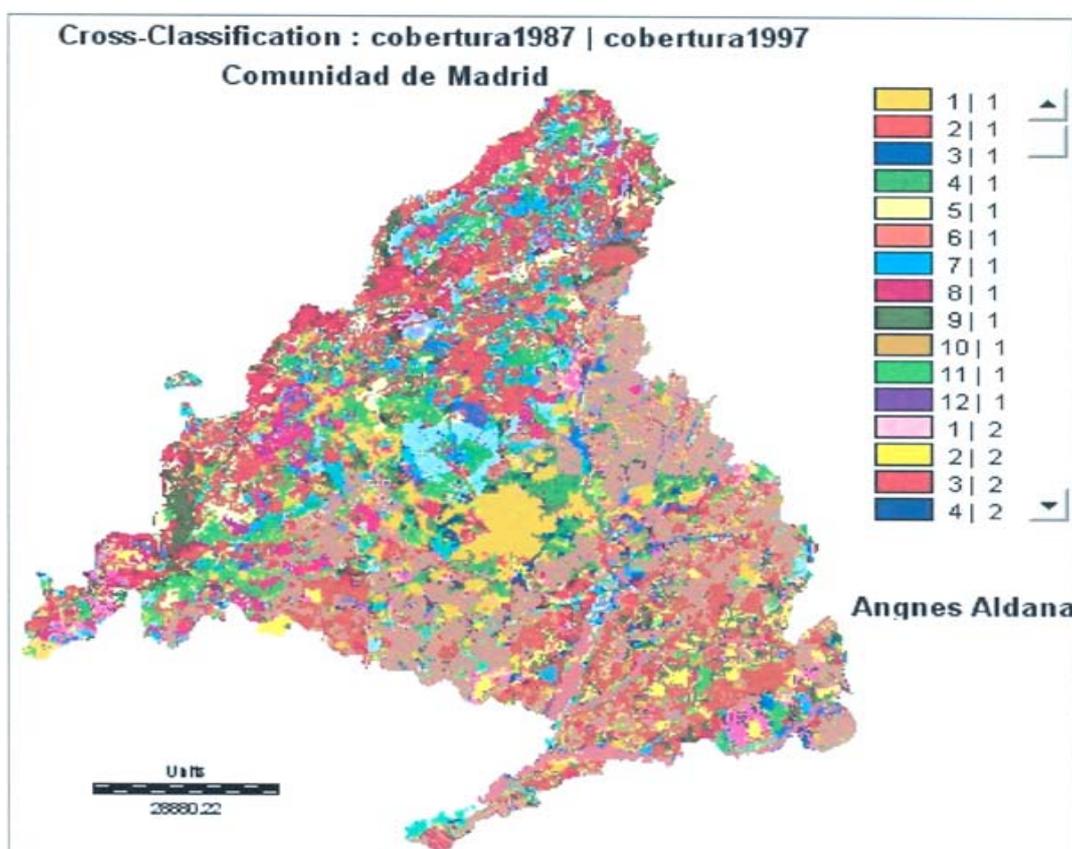
El análisis de los Mapas N° 3 y 4 y de los datos contenidos en el Cuadro N° 2 reflejan aspectos generales sobre la dinámica espacial ocurrida en la Comunidad de Madrid, mayores detalles se detectan en los mapas expuestos en los próximos párrafos para expresar todos los cambios ocurridos en cada categoría de ocupación y sus respectivas superficies estables. Estas representaciones cartográficas se derivan de sucesivas reclasificaciones realizadas sobre el Mapa N° 5, único producto obtenido al aplicar sobre los Mapas N° 3 y 4, la función de cambios (change crosstab) del SIG Idrisi. Cuantificándose la magnitud del cambio a partir de los datos contenidos en las tablas de atributos adjuntas a los productos cartográficos generados y no de los datos presentados en la matriz crosstabulation reseñada en el marco teórico.

El Mapa N° 5 por su parte, desglosa en 169 categorías todas las posibles combinaciones de cambios operados durante el período y las áreas estables, describiéndose en la leyenda tanto la cubierta desplegada en 1987 como la que pasó a ocupar su lugar en 1997, bajo la forma de un par de números separados por un segmento, la superficie asociada a cada par de combinaciones indica simultáneamente las ganancias de una cubierta y las pérdidas de otra.

Los cambios registrados en este mapa parecen adecuados excepto por las superficies urbanas que fueron sustituidas por agrícolas y naturales, las diferencias en las concepciones de lo urbano establecidas por los autores de los mapas Corine y Vegetación levantados a distintas escalas, explican la presencia de estas unidades.

El mapa de Vegetación generado mediante la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:18.000, permite la separación de categorías agrícolas y vegetales ubicadas en áreas urbanas, las cuales no son discriminadas en el Corine (1 100.000) por el mayor nivel de generalización aplicado a las unidades.

Los incrementos agrícolas y naturales a expensas de las cubiertas urbanas registrados en el mapa de cambios no son tales y deben integrarse en las superficies urbanas estables, por cuanto corresponden a la misma tipología, pero fueron discriminadas, delimitadas y calificadas en forma distinta por los autores de los mapas de cobertura evaluados, de hecho y tal como lo describe la leyenda Corine, dentro de las superficies urbanas también coexisten espacios de diferentes dimensiones, cubiertos de vegetación y cultivos.



Mapa N° 5

Al verificar la localización en el mapa Corine de una muestra de las cuatro o cinco unidades urbanas de mayor dimensión que encontramos que todas se ubicaban en el interior de las unidades identificadas como tejido urbano discontinuo, en zonas verdes urbanas cuales disponen de espacios con vegetación de extensión significativa.

Con el fin de ilustrar esta situación, tales unidades no fueron incorporadas dentro del conjunto de las áreas estables urbanas, sino que detallan su dinámica, el reducido tamaño y la ubicación de estas unidades dan cuenta de la justificación reseñada.

Otero (1993) y Serrano (2001) también encuentran éste tipo de cambios en sus trabajos, la primera autora no los explica, y la segunda los adjudica a los errores en el proceso de clasificación automática de las imágenes satelitales, a la dificultad de fotointerpretar usos urbanos de pequeña dimensión en imágenes Landsat y al hecho de que en el mapa Corine se utiliza un criterio de fotointerpretación más amplio, que permite incluir por ejemplo, al aeropuerto y sus áreas verdes adyacentes asociadas en una sola categoría.

Verificar el tamaño y la ubicación de estas unidades de cambio incongruentes dentro del mapa Corine y aclarar su presencia, reduce un poco las incertidumbres suscitadas al inicio del proyecto por el uso de bases de datos levantadas con criterios, leyendas y escalas distintas. Sin embargo, los estudios realizados a escala media, como es el caso que nos ocupa, llevan implícito un mayor nivel de generalización que las investigaciones detalladas, y al incrementar el tamaño del píxel (100\*100) y reducir hasta 12 el elevado número de categorías que integran los mapas Corine (64) y Vegetación (162), se minimizan en alguna medida los problemas suscitados por las diferencias escalares y conceptuales mencionadas.

No obstante, la verificación fue realizada sólo en las unidades artificiales, las cuales pueden ser definidas por distintos autores con criterios muy similares

aunque se discriminen o no sus subunidades con diversos niveles de detalle. Menor homogeneidad de criterios se aplican en las especificaciones de las cubiertas agrícolas y vegetales, estas últimas por ejemplo, fueron detalladas en el mapa de Vegetación por estructura, densidad y composición florística, y más generalizadas en el mapa Corine. Por lo tanto algunos de los cambios en las superficies agrícolas y vegetales podrían no reflejar la realidad espacial, sino las diferencias metodológicas, de concepción y definición de las categorías utilizadas por los autores de los mapas mencionados.

Ante la imposibilidad de verificar en el campo los resultados obtenidos, por el desfase existente entre el período de tiempo evaluado y la fecha de elaboración de la investigación, las limitaciones de tiempo y recursos, la poca accesibilidad a otras fuentes de datos como fotografías aéreas o mapas de escala similar, a; como también las dimensiones y complejidad del territorio madrileño, no fue posible detectar y corregir los cambios inciertos que pudieran presentarse entre las cubiertas no artificiales.

Pero las coincidencias con los trabajos publicados por diversos autores, sobre los aspectos generales de la cobertura de la tierra y su evolución en algunos sectores o en la superficie total de la Comunidad de Madrid y las aclaratorias; establecidas en párrafos precedentes sobre los cambios dudosos detectados en las áreas urbanas revelan en alguna medida la factibilidad de realizar investigaciones de este tipo, específicamente a escalas pequeñas y medianas.

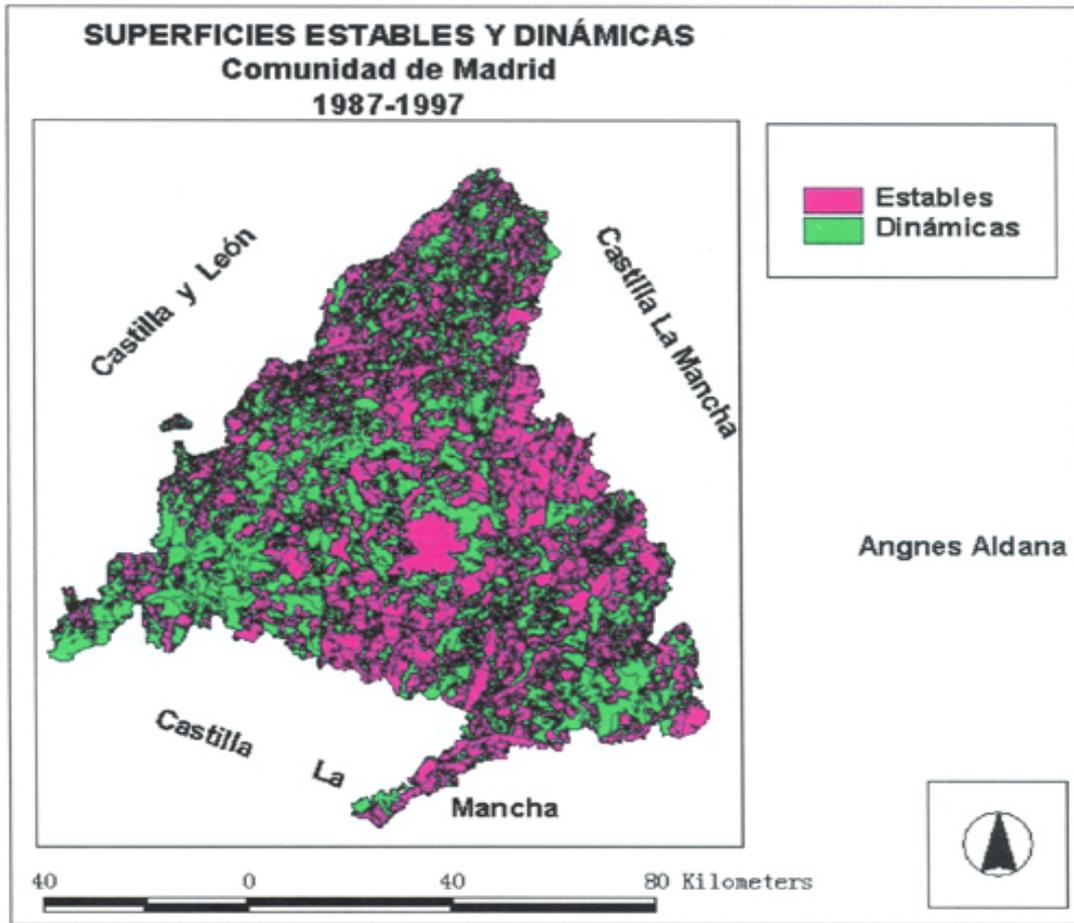
## **CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS SUPERFICIES ESTABLES Y DINÁMICAS**

¿Están ocurriendo cambios y en qué dirección? ¿Son positivos o negativos? ¿Qué está cambiando? ¿Cuál es la magnitud de los cambios? ¿Cuán rápidamente ocurren esos cambios? ¿Qué procesos de cambio están ocurriendo? ¿Por qué se han iniciado esos procesos de cambio? son preguntas que generalmente se aspiran responder en investigaciones sobre dinámica espacial.

La discriminación de unidades de cambio en superficies estables y dinámicas, advierte con claridad sobre la magnitud del dinamismo ocurrido durante el período 87-97 en la Comunidad de Madrid (Gráfico N° 3), aún cuando un 53 % de las superficies se han mantenido estables, otro sector importante de la Comunidad (47 %) arrojó cambios de distinta índole (Mapa N° 6). En el período precedente (1972-1982), Otero (1993) encontró resultados similares pero invertidos: 52,6% de cambios frente a 47,6 % de áreas estables.

En la llanura madrileña, los municipios Daganzo de Arriba, Ajalvir, Cobeda, Camarma de Esteruelas, 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, resaltan por ser los más estables de la Comunidad, ya que en más del 77% de sus superficies se ha mantenido la misma cubierta (Mapa N° 7)

Por otro lado, entre los municipios que han presentado el mayor dinamismo, al cambiar más del 65% de sus superficies a otras categorías de ocupación, se distinguen: Horcajo de la Sierra, Madarcos, Villarejo de Salvanes, Belmonte de Tajo, El Molar, Las Rozas de Madrid, Galapagar, Hoyo de Manzanares, Moralzarza, El Escorial, Navalagamella, Colmenar del Arroyo, Villanueva de Perales, Sevilla la Nueva Villamantilla, Chapinería, Aldea del Fresno, Navas del rey, Valdemaqueda, Cadalso de los Nidrios y Cenicientos. Menores porcentajes de cambios, pero no por ello insignificantes, se registran en el resto de los municipios de la Comunidad (Mapa N° 8).



Mapa N° 6

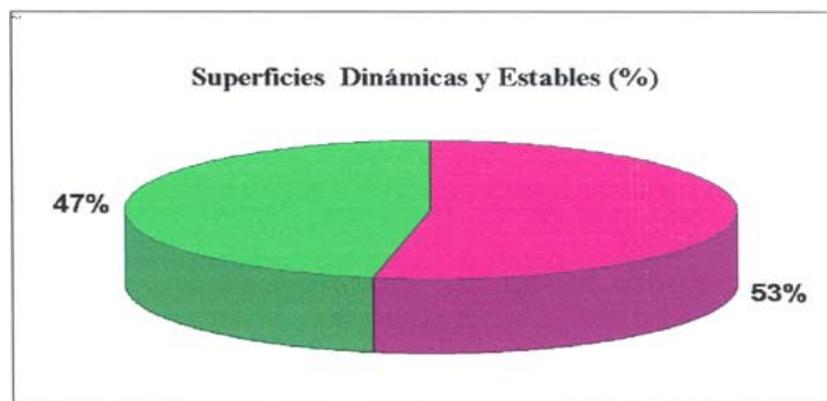
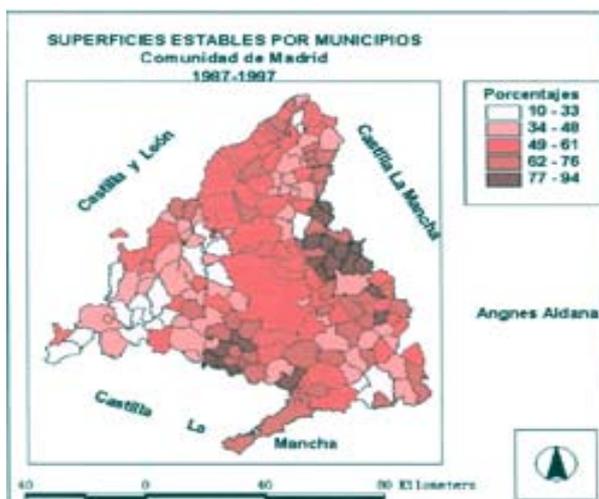
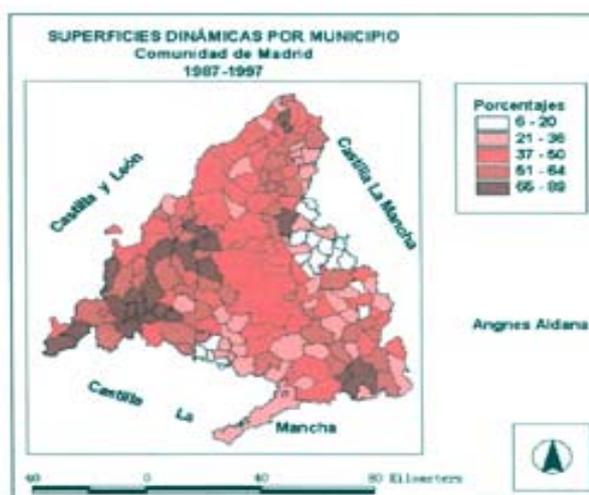


Gráfico N° 3.



Mapa N° 7



Mapa N° 8

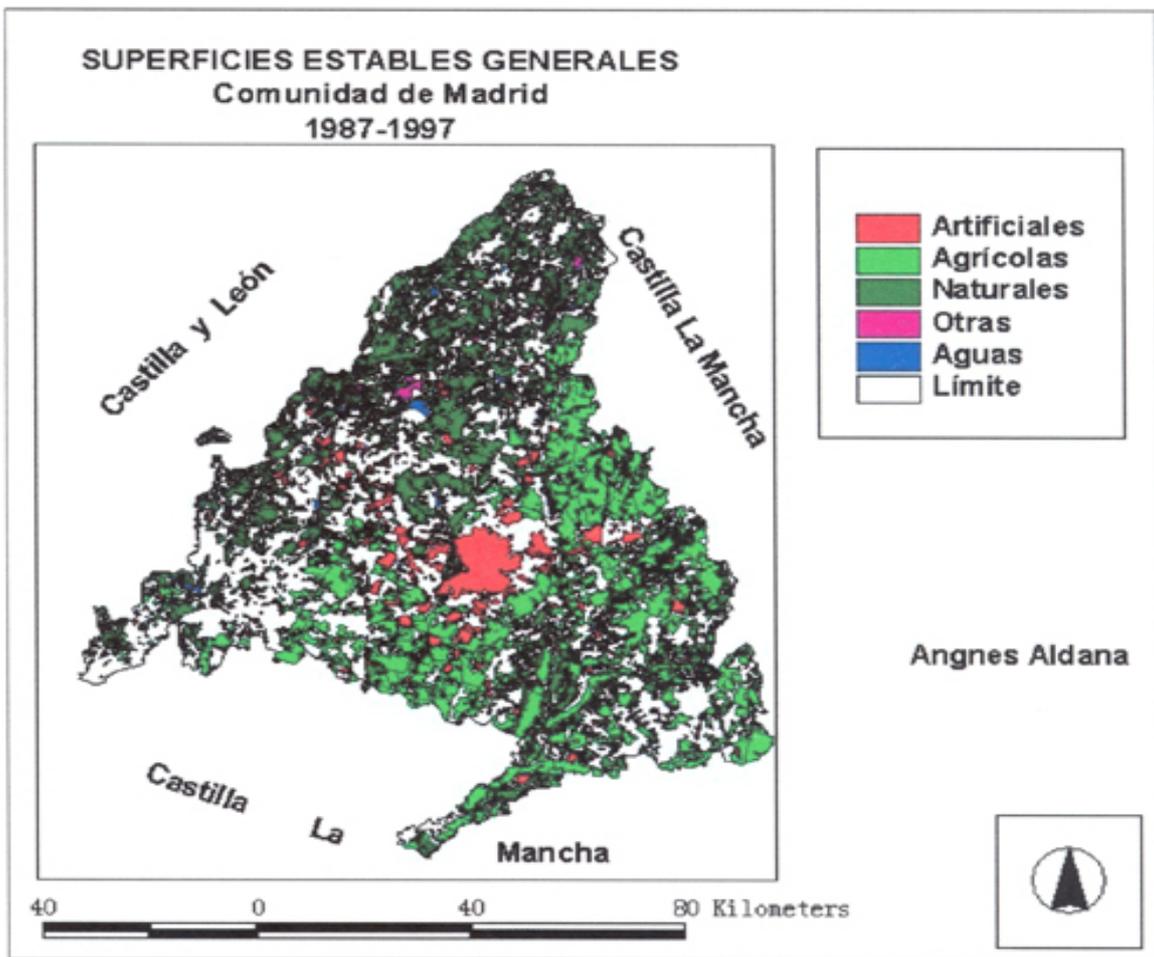
### SUPERFICIES ESTABLES

Las unidades agrícolas y naturales que se han mantenido estables durante el periodo, abarcan una extensión considerable del área de estudio (1894 Km<sup>2</sup> agrícolas y 1787 Km<sup>2</sup> naturales) y se ubican en las vegas y paramos de los alrededores de la ciudad de Madrid, principalmente al sur-centro y noreste de la misma (Mapa N° 9 y Gráfico N° 4), ocupando extensiones muy similares y las mayores de la Comunidad (23,62% agrícolas y 22,24% naturales). Las zonas artificiales llegan a representar el 6,03 % y la categoría "otras" y las áreas cubiertas de aguas o embalses comprende el 0,96% restante.

Una mayor discriminación de las categorías estables, puede observarse en el Mapa N° 10 y el Gráfico N° 5, en que se evidencia el predominio de superficies de secano (18,90%). Durante el período 1972-1982, estos cultivos también ocuparon una extensión similar: 19,24% (Otero, 1993).

En menor medida, en nuestro período de análisis, los matorrales (8,14%) y pastizales (6,76%) parecen imponerse, aunque, con porcentajes cercanos se aprecian también las áreas urbanas (5,41%) y las superficies cubiertas de coníferas (4,39%); les siguen en el orden con valores bajos y muy próximos entre si. a las superficies de frondosas y de regadío, y los mosaicos de cultivos, las restantes categorías acusan los porcentajes más bajos de la Comunidad

(Cuadro N° 3)



Mapa N° 9

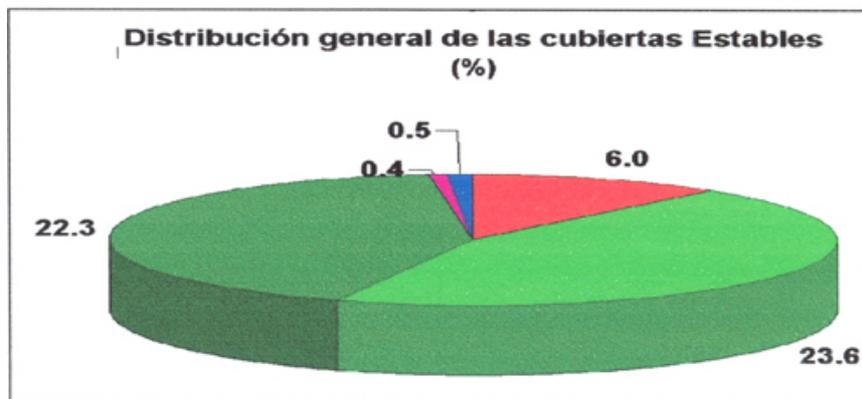
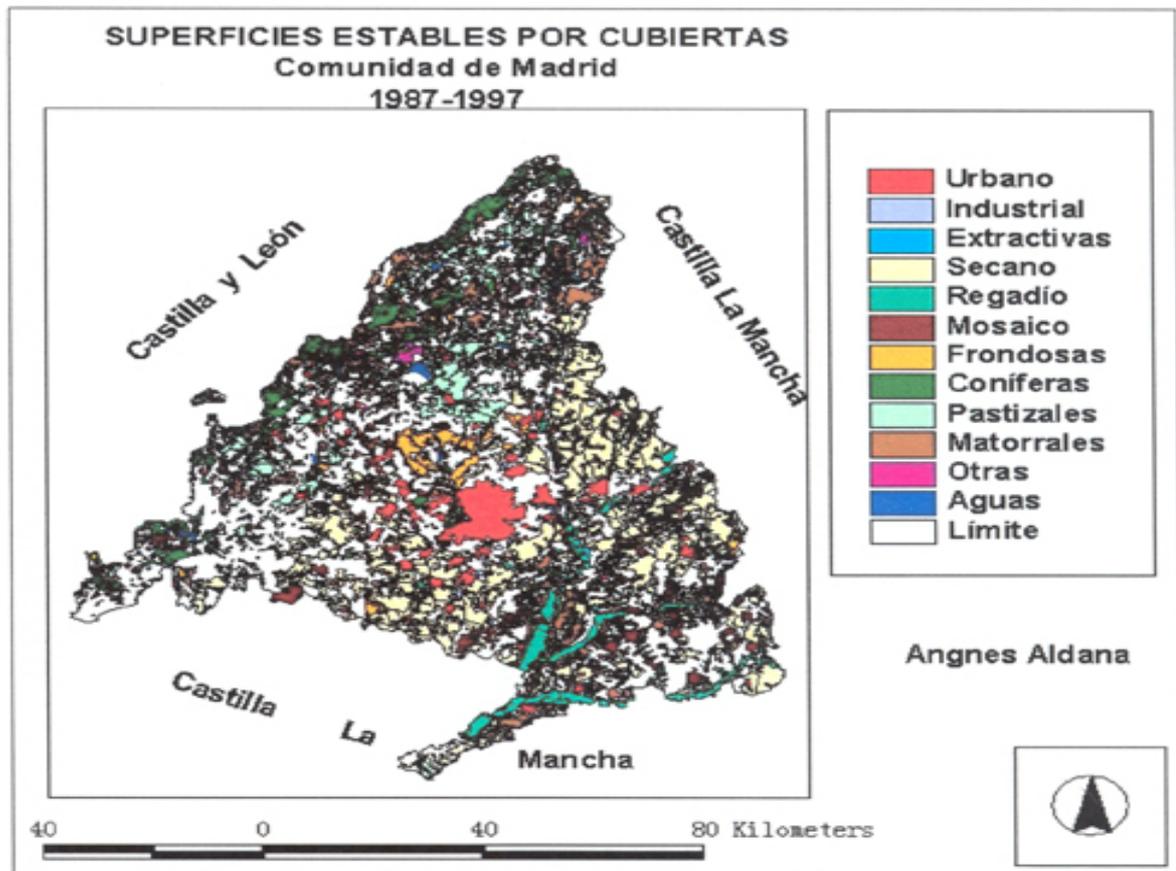


Gráfico N° 4.



Mapa N° 10

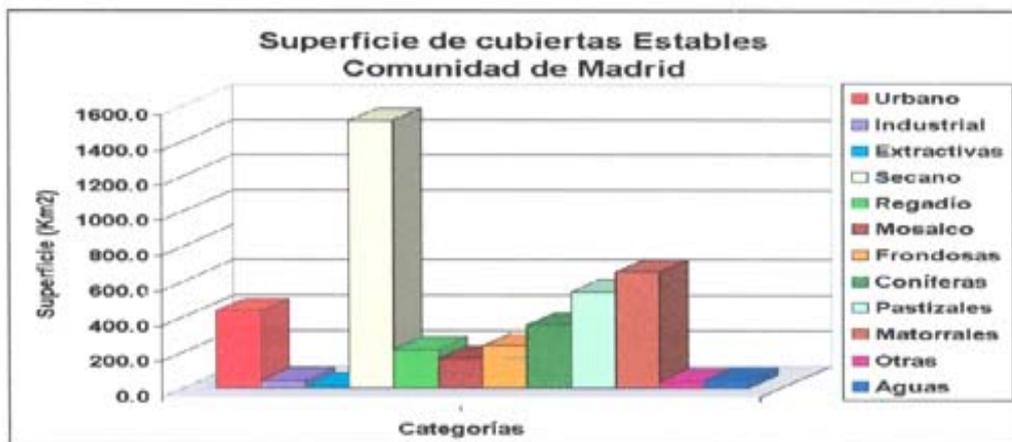


Gráfico N° 5

Cuadro N° 3. Superficies relativas y absolutas de las categorías estables

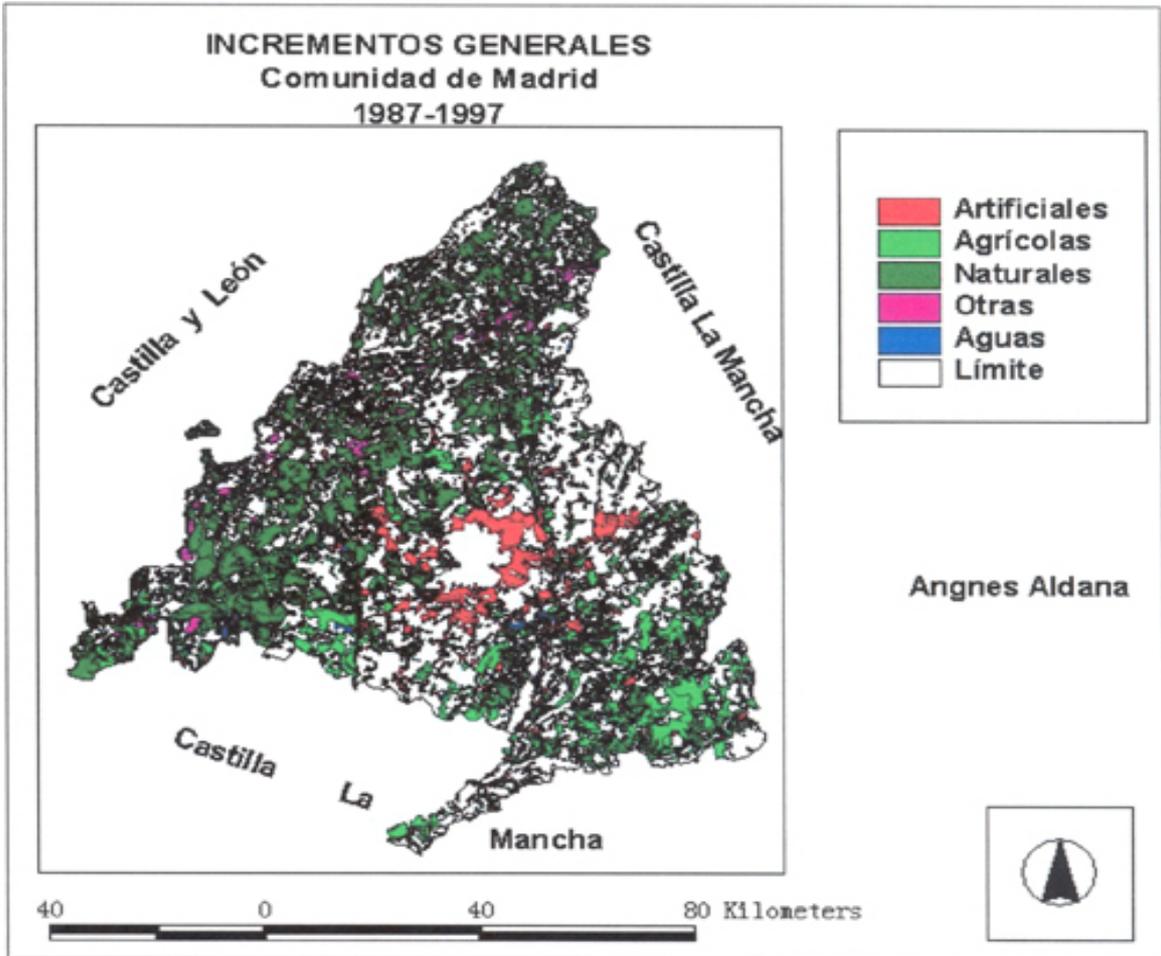
Cubiertas	Área Km2	%
Urbano	434,02	5,41
Industrial	38,18	0,48
Extractivas	11,42	0,14
Secano	1516,20	18,90
Regadío	215,48	2,69
Mosaico	162,91	2,03
Frondosas	236,98	2,95
Coníferas	351,93	4,39
Pastizales	542,23	6,76
Matorrales	653,35	8,14
Otras	34,41	0,43
Aguas	42,41	0,53

### **SUPERFICIES DINÁMICAS**

Los mayores incrementos en las superficies dinámicas se operan sobre cubiertas naturales (23,79%) (Mapa N° 11, Gráfico N° 6) y principalmente en bosques de frondosas (10,88%) (Mapa N° 13, Gráfico N° 8), las categorías restantes (agrícola 12,72% y artificiales 7,08%) aumentan sus superficies, aunque en menor proporción.

Se aprecia también las mayores reducciones en las cubiertas naturales (27%) (Mapa N° 12, Gráfico N° 7) afectado notoriamente a los matorrales (15,93%) y pastizales (8,46%) (Mapa N° 14, Gráfico N° 9).

Es evidente la diferencia entre las pérdidas (1,09%) y las ganancias (7,08%) en las zonas artificiales, predominando las últimas; una situación contraria se observa en las superficies agrícolas y naturales, las cuales experimentaron más pérdidas (17,93% agrícolas y 27% naturales) que ganancias (12,89% agrícolas y 23,77% naturales) (cuadro N° 4).



Mapa N° 11

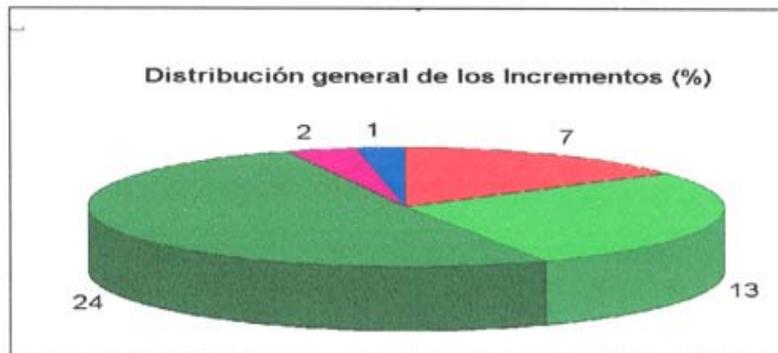
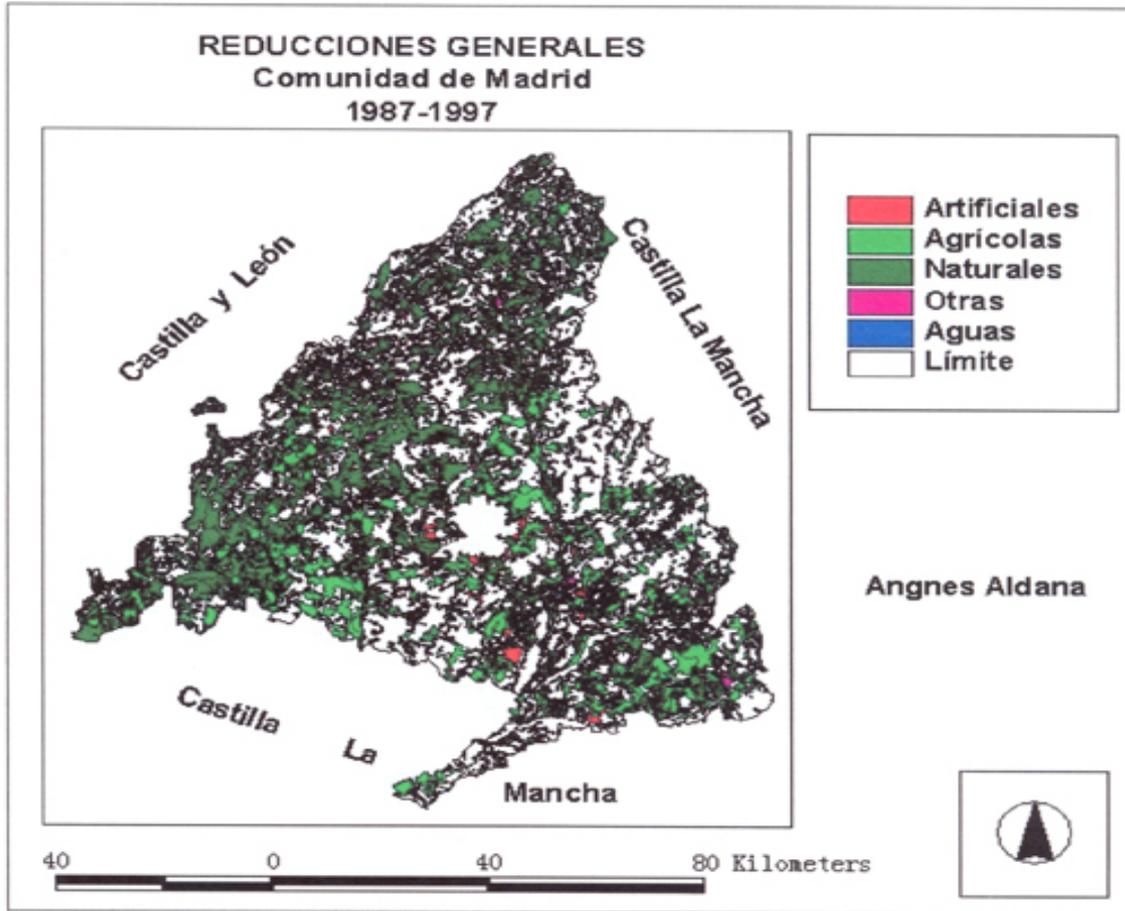


Gráfico N° 6



Mapa N° 12

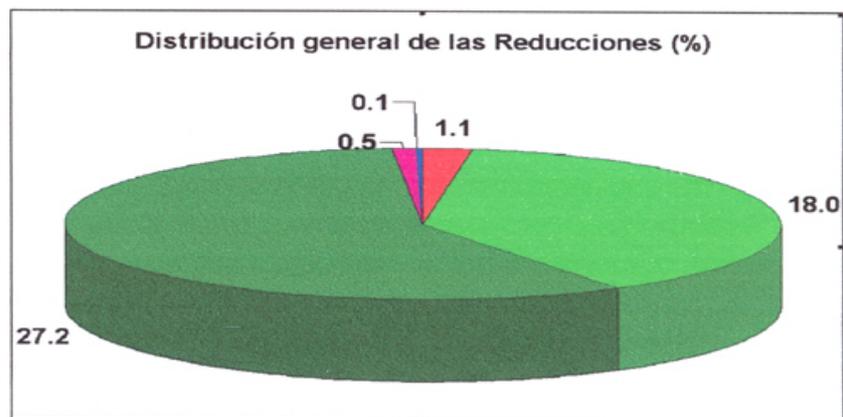


Gráfico N° 7

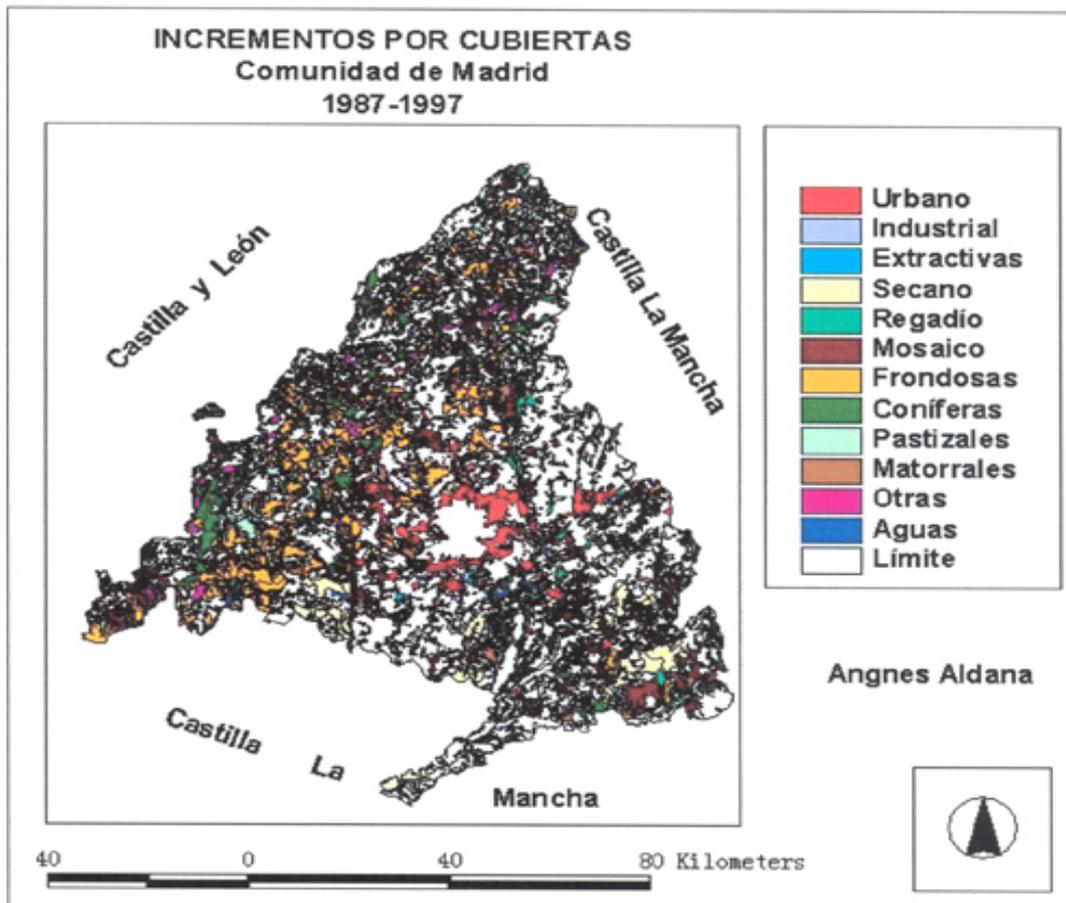
En el período 1972-1982, Otero (1993) encuentra como cambio preponderante: la reducción de superficies de secano (3,76%), pérdidas estas que se duplican (7,53%) en el lapso de estudio del presente trabajo, durante el cual destacan los incrementos de las superficies de frondosas y las reducciones de matorrales como cambios más resaltantes.

En general, tres cambios ocurrieron en similar proporción durante los dos periodos:

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. Los incrementos de pastizales, correspondientes al 2,5% en la década 72-82 y 3,43% en el 87-97.
3. La poca cuantía de los incrementos a las actividades extractivas y los embalses en ambos periodos.

Cuadro N° 4. Balance general

Cubiertas	Estables (%)	Área Km2	Incrementos (%)	Área Km2	Reducciones (%)	Área Km2
<b>Zonas Artificiales</b>						
Urbano	5,41	434,02	5,33	427,85	0,19	15,40
Industrial	0,48	38,18	1,18	94,49	0,32	25,87
Extractivas	0,14	11,42	0,57	45,46	0,58	46,87
Subtotal	6,03	483,62	7,08	567,8	1,09	88,14
<b>Zonas Agrícolas</b>						
Secano	18,9	1516,20	7,79	639,06	7,53	604,33
Regadío	2,69	215,48	1,46	117,21	1,41	113,25
Mosaico	2,03	162,91	3,47	278,47	8,99	721,3
Subtotal	23,62	1894,59	12,72	1034,74	17,93	1438,85
<b>Zonas Naturales</b>						
Frondosas	2,95	236,98	10,88	873,13	0,95	76,54
Matorrales	8,14	653,35	4,88	391,86	15,93	1278,00
Pastizales	6,76	542,23	3,43	275,39	8,61	691,00
Coníferas	4,39	351,93	4,6	368,94	1,51	121,00
Subtotal	22,24	1784,49	23,79	1909,32	27,0	2166,54
Otras	0,43	34,41	1,78	136,41	0,45	36,21
Aguas	0,53	42,41	1,19	92,88	0,14	11,36
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>4289,52</b>	<b>47</b>	<b>3733,54</b>	<b>47</b>	<b>3732,84</b>



Mapa N° 13



Gráfico N° 8