

ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA ORDENACIÓN
ECO-PAISAJÍSTICA DE LA AGLOMERACIÓN
URBANA DE GRANADA

TESIS DOCTORAL. UNIVERSIDAD DE GRANADA



PROGRAMA DE DOCTORADO EN URBANISMO, ORDENACIÓN
DEL TERRITORIO Y PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

DOCTORANDO:

FRANCISCO AGUILERA BENAVENTE. LDO EN CIENCIAS AMBIENTALES

DIRECTORES:

LUIS MIGUEL VALENZUELA MONTES (UNIVERSIDAD DE GRANADA)

JOAQUÍN BOSQUE SENDRA (UNIVERSIDAD DE ALCALÁ)

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Francisco Aguilera Benavente
D.L.: GR. 2126-2008
ISBN: 978-84-691-6446-4

ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA ORDENACIÓN ECO-PAISAJÍSTICA DE LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA

DOCTORANDO:

Francisco Aguilera Benavente. Licenciado en Ciencias Ambientales

DIRECTORES:

Dr. Luis Miguel Valenzuela Montes



Dr. Joaquín Bosque Sendra



“A un mapa del mundo en el que no se encuentre el país Utopía no merece la pena ni siquiera echarle un vistazo”

Oscar Wilde

“... llevar la tierra globalmente al más alto estado de perfección y de uso apropiado - no sólo preservando lo virgen sino extendiendo los jardines, e introduciendo la deliberada cultura del paisaje en todas las partes del campo abierto”.

Lewis Mumford.

“[Existe] la posibilidad de aplicar principios de planificación ecológica y ponerlos a prueba frente a las exigencias del crecimiento metropolitano y de los mecanismos del mercado”

Ian McHarg

AGRADECIMIENTOS

No imaginé mientras realizaba este trabajo que sería tan difícil agradecer de forma breve la indispensable ayuda que tantas personas me han prestado, y sin la cual el mismo jamás se podría haber completado. En cualquier caso, y sin ningún tipo de dudas, mis primeras palabras de agradecimiento son para los dos directores del trabajo, Luis Miguel Valenzuela y Joaquín Bosque, por haberse prestado a la sabia dirección del mismo y por haberlo conducirlo de forma excelente desde el comienzo hasta su culminación. Especialmente quiero agradecer de forma sincera a Luis Miguel la oportunidad que me ha brindado estos años para trabajar en el Laboratorio de Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Granada; ser el principal participe de mi crecimiento personal en la realización de esta tesis; y haberme mostrado el camino de la exigencia y la superación personal necesarios en la investigación. Igualmente no puedo sino agradecer a Joaquín la excelente acogida que recibí en la Universidad de Alcalá años atrás donde comencé mi doctorado; apoyar este trabajo con sus inestimables comentarios y sugerencias, y darme la oportunidad de discutirlo con los miembros del departamento de Geografía.

En segundo lugar mi más grande agradecimiento para Alicia, mi gran apoyo en cada momento. Por su cariño, por estar incondicionalmente a mi lado y por hacer posible siempre el esfuerzo, gracias. Igualmente gracias a mi padre, mi madre, y mi hermano Ángel, por sentirme tan querido por ellos y por haber sabido apoyar esta carrera de fondo que comencé hace 9 años, cuando decidí no ser médico ni abogado, así como a mis amigas y amigos por tantos años de cariño y amistad con mayúsculas.

A mis compañeros del grupo de planificación ambiental del laboratorio de Urbanismo no podré nunca agradecerles bastante todo lo que juntos hemos vivido y compartido durante los últimos años; la tremenda ayuda que me han prestado y que ha permitido finalizar esta tesis, así como ser el mejor grupo al que cualquiera querría pertenecer: a Alberto Matarán por ser un espejo en el que mirarse y un apoyo incondicional en cada momento de dificultad. A Julio Alberto Soria por su gran valía, amistad y trabajo codo con codo tantas veces, al igual que con Rocío Pérez, cuyo compañerismo, comprensión y sensibilidad han ayudado enormemente en este trabajo (y en todos). A Rubén Talavera por los meses de trabajo compartido, y por comenzar de forma tan brillante los estudios de conectividad en su proyecto ambiental, así como a Mercedes España por su dedicación en cada trabajo que hemos compartido.

Igualmente, a los demás compañeros del Laboratorio de Urbanismo, también mis agradecimientos, especialmente a José Luis Gómez Ordóñez, como coordinador del mismo, así como por tantísimos comentarios valiosos y discusiones enriquecedoras. A Emilio Molero, por despertarme tiempo ha, un inagotable interés por los SIG, así como por cada trabajo fascinante que hemos compartido. A Mabel Rodríguez, por su apoyo y empatía en los momentos difíciles. A Alejandro Grindlay, Juan Rivas y David Cabrera, por todos los útiles comentarios y por los buenos ratos de conversaciones y discusiones. A Jose Asensio por los varios y buenos años de convivencia, amistad y discusiones sobre nuestro trabajo.

También quisiera agradecer al Land Use Planning Group de la Universidad de Wageningen, y especialmente a Wim van der Knaap, y Gerrit-Jan Carsjens, por acogerme tan maravillosamente en su grupo y compartir discusiones y trabajo durante los meses de mi estancia, así como a Jeroen, que me sufrió en su despacho, y a Astrid, Janneke, Hetti, Robert, Jasper y todos los demás compañeros.

Finalmente y para terminar, quisiera expresar mi agradecimiento al departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería de la Universidad de Granada y sus sucesivos directores y personal, así como todas aquellas personas cuyas discusiones y comentarios han permitido completar este trabajo.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el análisis, simulación y valoración de los cambios espaciales que han tenido lugar en la Aglomeración Urbana de Granada en aproximadamente los últimos 30 años, con el objetivo de desarrollar instrumentos y criterios aplicables en la planificación y toma de decisiones en entornos metropolitanos. En primer lugar se ha abordado la descripción e interpretación del cambio que ha tenido lugar entre el año 1977 y el año 2004 atendiendo especialmente como dimensiones del mismo a los incrementos en la ocupación urbana, las variaciones de la accesibilidad con motivo del desarrollo de nuevas infraestructuras viarias, al estudio de los principales patrones morfológicos de ocupación del suelo, así como a las dinámicas de los usos agrícolas que conforman buena parte del paisaje metropolitano. Posteriormente, y como resultados de los análisis de dichos cambios, se ha diseñado e implementado un modelo de simulación de los cambios en la ocupación urbana basado en Autómatas Celulares, que ha permitido tanto la generación de simulaciones *expost*, como la simulación futura de diversos escenarios de desarrollo metropolitanos, en los se conjugan los diferentes patrones de ocupación anteriormente descritos. Las características espaciales de estos escenarios han sido valoradas a través de un conjunto de métricas de análisis procedentes de la ecología del paisaje, que se han mostrado como útiles instrumentos de identificación de patrones y formas de ocupación. Igualmente los escenarios han sido evaluados, desde una perspectiva eco-paisajística, a través de instrumentos SIG para la determinación de la conectividad del paisaje, para finalmente elaborar un conjunto de criterios de planificación, especialmente en lo que respecta a las cuestiones eco-paisajísticas, así como un modelo conceptual para un sistema de ayuda a la decisión que aglutine las diferentes herramientas e instrumentos desarrollados.

Palabras clave: Cambio metropolitano, simulación urbana, autómatas celulares, escenarios, patrones de ocupación, métricas análisis espacial, ecología del paisaje, conectividad paisajística, accesibilidad, criterios de planificación.

ABSTRACT

This thesis presents an analysis, simulation and assessment of the spatial change in the metropolitan area of Granada within the last 30 years. The main objective is to develop new instruments and criteria to be used in the metropolitan planning process. First, an interpretation of several aspects of the metropolitan change is presented. Analyses of urban growth, accessibility change, urban patterns and landscape change have also been developed. In addition to this, new maps regarding to these aspects have been generated. Secondly, a new simulation model based on Cellular Automata (CA) was developed using the results of the metropolitan change analyses. This model has been employed to simulate both past dynamics and three future scenarios of metropolitan patterns. After that, spatial characteristics of the simulated scenarios have been explored using landscape metrics. The selected set of metrics has been successfully used to describe the main characteristics of these scenarios. Furthermore, a new GIS tool to evaluate landscape connectivity has been developed to assess the scenarios. Finally, a set of metropolitan planning criteria and a conceptual design of a Planning decision support system (PSS) are presented on the basis of the analysis and instruments developed in the thesis.

Keywords: Metropolitan change, urban simulation, cellular automata, future scenarios, urban patterns, spatial metrics, landscape ecology, landscape connectivity, accessibility, planning criteria.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	Página iv
RESUMEN	Página v
ABSTRACT.....	Página vi
CAPÍTULO 1: Hipótesis y Objetivos.....	Página 1
1. Introducción.....	Página 1
2. Hipótesis de partida.	Página 2
3. Objetivos de la tesis.....	Página 3
CAPÍTULO 2: ESTRUCTURA, CONTEXTO TEÓRICO Y RESULTADOS	
ESPERADOS DE LA TESIS	Página 5
1. Introducción.....	Página 8
2. Sobre la estructura y proceso metodológico de la tesis.....	Página 8
2.1. Estructura	Página 8
2.2. Metodología	Página 10
3. Sobre el ámbito de trabajo.....	Página 13
3.1. Algunos trabajos relevantes en el ámbito de estudio.....	Página 16
4. Sobre las fuentes de información y escalas de trabajo	Página 18
4.1. Las escalas espaciales de trabajo	Página 18
4.2. Las escalas temporales	Página 18
4.3. Las fuentes geográficas de partida.....	Página 19
5. Sobre las bases teóricas y disciplinas en las que se fundamenta la tesis	Página 21
5.1. El enfoque de la planificación ambiental	Página 23
5.2. Ecología del paisaje y métricas de análisis espacial. hacia nuevos criterios de planificación.....	Página 27
— Estructura de los paisajes.....	Página 28
— Las métricas de análisis espacial para la determinación de la estructura de los paisajes	Página 31
— La Función del paisaje	Página 32
— El Cambio en el paisaje.....	Página 33
5.3. Los sistemas de información geográfica: Una herramienta básica	Página 34
5.4. Modelos de simulación y su aplicación a fenómenos urbanos. un laboratorio de exploración de escenarios futuros.	Página 37
— El comienzo de los modelos urbanos.....	Página 39
— El período de transición en la simulación urbana	Página 41
— Los nuevos enfoques y herramientas	Página 42
— Autómatas celulares y modelización de dinámicas urbanas.....	Página 43
— Los modelos de simulación en la tesis	Página 46
6. Sobre las principales aportaciones de la tesis.	Página 46
CAPÍTULO 3: LA DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DE SUELO URBANO EN LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA.	Página 48

1. Introducción	Página 52
2. La Situación existente en 1977: ¿Un ámbito rural?	Página 53
2.1. <i>Planeamiento: El momento del Plan Comarcal</i>	Página 53
2.2. <i>La ocupación urbana en 1977</i>	Página 55
3. El período 1977-1984: El fracaso del Plan Comarcal	Página 60
3.1. <i>Planeamiento</i>	Página 60
3.2. <i>El cambio en la ocupación de suelo 1977-1984</i>	Página 61
4. El período 1984-1990: la segunda residencia y la reconversión en vivienda habitual	Página 66
4.1. <i>Planeamiento</i>	Página 68
• <i>El Plan Especial de Protección del Medio Físico</i>	Página 68
4.2. <i>El cambio en la ocupación del suelo 1984-1990</i>	Página 71
5. El período 1990-1999: la cristalización del área metropolitana	Página 74
5.1. <i>Planeamiento</i>	Página 76
• <i>El plan especial de protección de la Vega de Granada</i>	Página 76
• <i>El Plan de Ordenación del Territorio de la AUG</i>	Página 78
5.2. <i>El cambio en la ocupación de suelo 1990-1999</i>	Página 82
6. El período 1999-2004: La confirmación de una tendencia	Página 84
7. El cambio en la ocupación urbana: recapitulación 1977-2004	Página 86
8. Conclusiones del análisis del cambio en la ocupación urbana	Página 88

CAPÍTULO 4: LA DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO EN LAS INFRAESTRUCTURAS Y EN

LA ACCESIBILIDAD	Página 90
-------------------------	-----------

1. Introducción	Página 93
2. La cartografía de crecimiento de la malla viaria	Página 94
2.1. <i>Trama urbana residencial compacta</i>	Página 96
2.2. <i>Trama urbana residencial dispersa</i>	Página 96
2.3. <i>Trama urbana industrial</i>	Página 97
2.4. <i>Trama metropolitana de alta capacidad</i>	Página 98
2.5. <i>Trama metropolitana secundaria</i>	Página 99
3. Los cambios en la accesibilidad: Accesibilidad a núcleos urbanos	Página 100
3.1. <i>La creación de la superficie de costes de movimiento</i>	Página 101
3.2. <i>El cálculo de la accesibilidad a los núcleos urbanos</i>	Página 103
4. Accesibilidad actual a nodos de infraestructuras y saturación metropolitana de los nodos	Página 107
4.1. <i>Los valores de accesibilidad a los nodos del viario metropolitano</i>	Página 109
4.2. <i>Las áreas de influencia de los nodos y la carga urbana</i>	Página 112
4.3. <i>Las áreas de influencia y la “carga metropolitana”</i>	Página 115
4.4. <i>La “saturación metropolitana” de los nodos</i>	Página 117
5. Conclusiones del análisis del cambio de la red viaria y la accesibilidad	Página 119

CAPÍTULO 5: LOS PATRONES DE OCUPACIÓN URBANA	Página 121
---	------------

1. Introducción	Página 123
2. Definición de los patrones de ocupación	Página 124
3. La exploración de los patrones metropolitanos de ocupación	Página 126
3.1. <i>Patrón de crecimiento Agregado</i>	Página 126

3.2. Patrón de crecimiento lineal.....	Página 128
3.3. Patrón de crecimiento en urbanizaciones.....	Página 130
3.4. Patrón de crecimiento nodal.....	Página 132
4. Cartografía de los patrones de ocupación en la AUG.....	Página 133
5. Conclusiones del análisis de los patrones de ocupación urbana	Página 134

CAPÍTULO 6: EL CAMBIO EN LOS USOS AGRÍCOLAS Y EL PAISAJE PERIURBANO..... Página 136

1. Introducción.....	Página 139
2. Los usos agrícolas en la vega	Página 139
2.1. El regadío.....	Página 139
2.2. El secano	Página 140
2.3. Olivares.....	Página 142
2.4. Frutales en regadío.....	Página 142
2.5. Álamos o Choperas	Página 143
2.6. Los cultivos de vid	Página 144
2.7. Eriales	Página 145
3. La cartografía de las zonas agrícolas en 1990 y 2004	Página 146
3.1. La cartografía de las zonas agrícolas en 1990.....	Página 146
3.2. La cartografía de las zonas agrícolas en 2004.....	Página 148
4. El cambio en los usos agrícolas	Página 151
4.1. Matrices de Transición.....	Página 151
4.2. Estabilidad/cambio de los usos del suelo.....	Página 153
4.3. Las transiciones de usos.....	Página 154
5. Conclusiones del análisis del cambio en las zonas agrícolas.....	Página 173

CAPÍTULO 7: LA SIMULACIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA.

GENERACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS PARA LA PLANIFICACIÓN. Página 174

1. Introducción	Página 177
2. Definición del modelo	Página 179
2.1. Influencia de factores.	Página 179
2.2. Categorías de ocupación urbana	Página 183
3. Diseño de un modelo basado en autómatas celulares (AC) para la simulación de la ocupación urbana.	Página 186
3.1. ¿Por qué un modelo basado en AC?	Página 186
3.2. Base conceptual y funcionamiento del modelo.	Página 187
3.3. Los Componentes del modelo	Página 189
3.3.1. El parámetro de vecindad	Página 189
3.3.2. El parámetro de accesibilidad	Página 194
3.3.3. El parámetro de aptitud	Página 195
3.3.4. El parámetro estocástico.....	Página 196
3.4. Implementación.....	Página 197
3.4.1. Los comandos empleados para la implementación del potencial de transición.....	Página 199
3.4.2. Los comandos empleados para la selección de los píxeles candidatos	

para su transformación	Página 201
4. La generación de simulaciones empleando el modelo basado en AC	Página 202
4.1. <i>Simulaciones ex post para 1999 a partir de la ocupación urbana de 1984.</i>	Página 204
4.2. <i>Elaboración de simulaciones futuras de los patrones de ocupación.</i>	Página 208
4.3. <i>El diseño de escenarios futuros posibles de ocupación.</i>	Página 212
4.3.1. El diseño conceptual de los escenarios	Página 213
• El escenario de incremento de la ocupación residencial	Página 213
• El escenario de especialización tecnológica.....	Página 213
• El escenario de contención de la ocupación urbana.....	Página 213
4.3.2. Características morfofuncionales de los escenarios	Página 214
4.3.3. La simulación de los escenarios	Página 216
4.3.4. La comparación de los resultados de los escenarios	Página 220
5. Conclusiones de la simulación de los escenarios futuros de ocupación urbana.	Página 223

CAPÍTULO 8: VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPACIALES DE

LOS ESCENARIOS.	Página 224
1. Introducción	Página 227
2. La aplicabilidad de las métricas para la valoración de escenarios	Página 227
3. La selección de un conjunto de métricas para la valoración del cambio.	Página 232
4. Los resultados de las métricas para la valoración de los escenarios futuros.	Página 234
4.1. <i>La lectura estadística de los resultados</i>	Página 234
4.1.1. El PN o número de fragmentos	Página 234
4.1.2. El MPS o tamaño medio de fragmentos.....	Página 238
4.1.3. EL MRGYR La compacidad de los fragmentos	Página 241
4.1.4. El índice de forma SHAPE	Página 242
4.1.5. La distancia media a los fragmentos más próximos (ENN)	Página 243
4.1.6. El MPI o índice de proximidad medio.	Página 245
4.2. <i>La lectura transversal: valoración general de los escenarios.</i>	Página 247
4.2.1. El escenario de contención	Página 250
4.2.2. El escenario tecnológico.....	Página 250
4.2.3. El escenario de incremento residencial	Página 252
4.3. <i>Las métricas de análisis espacial como signatura del cambio metropolitano:</i>	
<i>Lectura temporal:</i>	Página 253
4.4. <i>Resumen y conclusiones de la valoración de los escenarios</i>	Página 255

CAPÍTULO 9. LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS SOBRE LA FUNCIÓN DEL PAISAJE:

LA CONECTIVIDAD.	Página 260
1. Introducción	Página 264
2. La conectividad paisajística: Contexto teórico	Página 264
3. Metodología de la determinación de la conectividad paisajística: la conectividad paisajística en el año 2004.	Página 267
3.1. <i>La estimación de la superficie de fricción</i>	Página 267
3.1.1. La superficie de fricción asociada a los elementos de barrera	Página 268
3.1.2. La superficie de fricción asociada a la afinidad o similitud paisajística.....	Página 275
3.2. <i>La identificación de las áreas fuente.</i>	Página 279
3.3. <i>La obtención de la cartografía de conectividad.</i>	Página 281

4. La valoración de los escenarios futuros a través de la determinación de la conectividad paisajística	Página 284
4.1. <i>Los valores de conectividad</i>	Página 284
4.2. <i>La comparación global de los escenarios</i>	Página 288
4.3. <i>El empleo de los transectos para la comparación de los escenarios</i>	Página 297
4.3.1. Los transectos de los cambios en la conectividad 2 a 2	Página 298
4.3.2. Los transectos de los valores de la conectividad en relación con la ocupación urbana.....	Página 302
5. Conclusiones de la valoración de los escenarios	Página 306

CAPÍTULO 10: CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN EN ÁREAS METROPOLITANAS:

EL EJEMPLO DE LA AUG.	Página 308
------------------------------------	------------

1. Introducción	Página 311
2. La elaboración de criterios para la planificación metropolitana	Página 311
2.1. <i>Criterios. Enunciado y clasificación.</i>	Página 311
2.2. <i>Criterios de Accesibilidad</i>	Página 315
2.2.1. Criterio A: Zonificación de los nodos en función de la saturación metropolitana	Página 315
2.2.2. Criterio B localización de nuevos nodos de centralidades.....	Página 316
2.3. <i>Criterios morfológicos y espaciales</i>	Página 317
2.3.1. Criterio D: Monitorización de la fragmentación y formas de ocupación.	Página 317
2.3.2. Criterio E: Localización de los patrones de ocupación	Página 319
- Patrón de crecimiento Agregado	Página 319
- Patrón de crecimiento en urbanizaciones.....	Página 321
- Patrón de crecimiento nodal.....	Página 321
- Patrón de crecimiento lineal	Página 321
2.3.3. Criterio F:Diversificación de áreas monofuncionales.....	Página 322
2.4. <i>Criterios conectivos y paisajísticos</i>	Página 324
2.4.1. Criterio G: Identificación de áreas fuente como nodos para el diseño de un sistema de espacios libres	Página 324
2.4.2. Criterio H: Diseño esquemático del sistema de espacios libres.....	Página 325
2.4.3. Criterio I:Implementación del sistema de espacios libres.....	Página 327
2.4.4. Criterio J: Conexión paisaje-ciudad	Página 337
3. La generación de un escenario futuro. Aplicación de los criterios	Página 342
4. Herramientas de ayuda a la decisión: las herramientas desarrolladas al servicio de la planificación y la toma de decisiones	Página 344

CAPÍTULO 11. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	Página 349
--	------------

1. Introducción	Página 350
2. Sobre los resultados y principales aportaciones	Página 350
3. Sobre las principales limitaciones del trabajo	Página 352
4. Sobre las líneas de investigación futura	Página 353

CHAPTER 11. DISCUSSION AND CONCLUSIONS	Página 355
---	------------

1. Introduction	Página 356
------------------------------	------------

2. Results obtained regarding to the objectives of the thesis.....	Página 356
3. Regarding to the main limitations of the work	Página 357
4. Future research.....	Página 358
REFERENCIAS.....	Página 359

1. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

ÍNDICE DE CAPÍTULO

1.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	HIPÓTESIS DE PARTIDA	2
1.3	OBJETIVOS.....	3

1.1 INTRODUCCIÓN

Los cambios son un elemento inherente a nuestra sociedad, así como al ámbito físico que le da soporte, transmitiéndose de un lugar a otro de forma veloz, tal y como señalara Häggerstrand (1967). Sin embargo, tanto la velocidad como la magnitud de los mismos, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, son realmente extraordinarios y novedosos en la historia de la Tierra. Hoy en día aspectos de este cambio adquieren importante relevancia en la arena política, en el debate económico y social, así como en los medios de comunicación y en nuestra vida cotidiana. Valga como ejemplo en este sentido el debate sobre el cambio climático y la presencia que está cobrando en los últimos tiempos tanto en los foros económicos, políticos, sociales y mediáticos.

El *cambio* forma parte de lo que se ha venido a denominar más recientemente “cambio global”, entendido éste como *el conjunto de cambios importantes de diversos aspectos del sistema Tierra, que son generales y que modifican de manera sustancial el funcionamiento del sistema* (Bosque, 2004). Muchos de los cambios agrupados bajo este término tienen una especial incidencia espacial, debido a la transformación territorial que suponen. Deforestación, desertización, ocupación del litoral, o **desarrollo metropolitano**, son algunos ejemplos de ello. Éste último es el que se aborda en este trabajo, con una especial incidencia en las áreas urbanas europeas. Se trata de los importantes cambios espaciales y territoriales que acontecen en las aglomeraciones urbanas y áreas metropolitanas.

Desde una perspectiva espacial, y ya casi tradicional, el urbanismo, la planificación, la geografía de los métodos cuantitativos y el análisis geográfico regional han tenido en múltiples ocasiones como campo de estudio estos procesos de cambio, empleando herramientas innovadoras de análisis, con el objetivo de comprender los procesos dinámicos, anticiparse a ellos y poder abordar mediante instrumentos de planificación las posibles problemáticas que de ellos se deriven. En este sentido, trabajos pioneros como los de Christaller y sus lugares centrales (Christaller, 1933) y posteriormente Lösch (1939) tenían ya como objetivo entender mejor los sistemas de asentamiento y localización de las ciudades. Ya en los años cincuenta del pasado siglo XX, con el surgimiento y el auge de la modelística y la aparición de los primeros computadores (Batty 1997; Berling-Wolf y Wu, 2004a), comienzan desde el urbanismo y la geografía intentos por comprender los procesos de crecimiento urbano e incluso poder simularlos.

Las grandes expectativas despertadas por estos avances en el campo de la geografía cuantitativa, el análisis territorial o la economía espacial, gracias a trabajos como los de Isard (1959), Secchi (1968) o Hagget y Chorley (1969); en cierta forma fueron frustradas por los pobres resultados obtenidos por herramientas como los modelos de simulación (Lee, 1973). Se situaron entonces en un segundo plano estos análisis e inquietudes allá por los años 70, coincidiendo con el despertar de las preocupaciones por las cuestiones ambientales iniciadas a raíz de la formación del club de Roma y de la conferencia de Estocolmo en 1972. En aquellos entonces, trabajos como los de McHarg (1967) incorporaban dichas preocupaciones ambientales en el proceso de planeamiento, muchas de ellas heredadas de los regionalistas como Geddes y Mumford.

Hoy en día, los extraordinarios avances surgidos en el campo de la informática y el desarrollo de importantes herramientas de análisis como los Sistemas de Información Geográfica (Bosque, 1992), o los modelos de simulación (Wegener, 1994; Nijkamp, y Van den Bergh 1997; White y Engelen, 1997; Batty, 2000; Veldkamp y Lambin, 2001; Verburg, Schot, Dijst y Veldkamp, 2004); la creciente preocupación por los problemas ambientales, especialmente aquellos que conciernen a las áreas urbanas y los paisajes modificados por el hombre (Turner, Gardner, y O'Neill, 2001; Farina, 2000), así como los cambios experimentados en los modelos de ciudad europea tradicional, tendentes a diluir el centro y los límites urbanos (Pavía, 1996) y a ocupar las zonas agrícolas o naturales de su alrededor de una forma mucho más extensiva al modo del *sprawl* anglosajón (Dematteis, 1998; Font et al, 2004; Indovina, 2005; EEA, 2006a; Kasanko, Barredo, Lavalle, McCormick, Demicheli, Sagris, y Brezger, 2006); o en España (Feria, 2004; Ministerio de vivienda, 2006; OSE, 2006), impulsan un nuevo interés por el estudio de los cambios espaciales que tienen lugar en las áreas metropolitanas, el análisis de las alteraciones ambientales que de ellas se derivan y el desarrollo de nuevos instrumentos de planificación que vengán a paliar daños y a recoger nuevas demandas sociales y ambientales. Este es el contexto en el que esta tesis se desarrolla y en el que se plantean su Hipótesis y Objetivos.

1.2 HIPÓTESIS DE PARTIDA

Derivadas del contexto expuesto anteriormente, este trabajo toma como hipótesis de partida las siguientes:

- **Existe una manifiesta ausencia de métodos o instrumentos que atiendan al cambio espacial** tales como instrumentos SIG, principios de la ecología del paisaje, generación de escenarios, simulaciones, etc, en el contexto de la planificación territorial y ordenación del territorio española, en contraposición con otras diferentes culturas del planning como la Holandesa o la Anglosajona. La inclusión de estos elementos podría permitir el desarrollo de métodos de planificación más cercanos al racionalismo, en contraposición al método incrementalista (Petitt y Pullar, 1999).
- **La generación de escenarios futuros en el ámbito de la planificación constituye una oportunidad para el conocimiento y la discusión de las diferentes alternativas y propuestas de desarrollo territorial**, permitiendo desarrollar instrumentos que introduzcan mayor número de criterios para la selección de las mismas, especialmente en el ámbito de las cuestiones ambientales y paisajísticas.
- **Es posible generar y trasladar criterios a la planificación territorial a partir de la simulación y generación de escenarios y su posterior valoración** desde la perspectiva del análisis espacial,

con especial énfasis en aquellas cuestiones e instrumentos en relación con los aspectos eco-paisajísticos del territorio.

Para **tratar de demostrar estas hipótesis**, en el presente trabajo se ha llevado a cabo la descripción y análisis de los cambios que han tenido lugar en la Aglomeración Urbana de Granada en los últimos 30 años, haciendo especial hincapié en las características espaciales del mismo, así como en la generación de instrumentos que permitan simular tendencias futuras y evaluarlas, para finalmente tratar de inferir un conjunto de propuestas y criterios que permitan tomar decisiones en la planificación ambiental en el ámbito de estudio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

De acuerdo con lo establecido anteriormente en las **HIPÓTESIS DE PARTIDA**, el principal objetivo general del trabajo es **desarrollar** nuevos instrumentos y criterios para la planificación de áreas metropolitanas desde una perspectiva ambiental. Todo ello **gracias al empleo de herramientas innovadoras** derivadas de la ecología del paisaje, los modelos de simulación y los SIG, y **mediante un proceso de análisis espacial, simulación de los cambios metropolitanos, y evaluación de escenarios futuros**;

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El anterior objetivo general se desarrolla a través del siguiente conjunto de objetivos específicos:

1. **Describir el cambio espacial acontecido en la Aglomeración Urbana de Granada (AUG¹)** en los últimos años, a través del estudio de los cambios en la ocupación del suelo urbano; los cambios introducidos **en la accesibilidad** como consecuencia del trazado de las nuevas vías metropolitanas; y las principales modificaciones generadas a su vez por estos en los usos del suelo que constituye el mosaico del paisaje agrícola metropolitano
2. **Identificar y describir los principales patrones de ocupación urbana en el AUG** en relación con el crecimiento metropolitano experimentado en los últimos años.
3. Elaborar un **modelo de simulación del crecimiento urbano para el AUG** que permita generar escenarios de posibles evoluciones de las dinámicas estudiadas en el área de trabajo.
4. **Diseñar un conjunto de instrumentos que permitan valorar/evaluar alternativas de desarrollo metropolitano**, con especial atención a su componente espacial, **y aplicar su empleo para la evaluación de los escenarios futuros generados**.
5. A la vista de los resultados de la valoración de los escenarios, así como de los análisis las dinámicas urbanas, de la accesibilidad y del paisaje, se plantea **diseñar un conjunto de criterios**

¹ A partir de este momento se empleará el acrónimo AUG para hacer referencia a la Aglomeración Urbana de Granada.

e indicadores aplicables al estudio y planificación de áreas metropolitanas, que a su vez permitan generar un escenario un escenario o propuesta que los aglutine, con especial énfasis en las cuestiones eco-paisajísticas.

6. **Plantear** la integración de los criterios y las herramientas desarrolladas, **de forma conceptual**², en un **sistema de ayuda a la planificación que permita tomar decisiones a través del manejo de diferentes alternativas, de la generación de escenarios y de su posterior evaluación.**

² El planteamiento de Sistema de ayuda a la planificación (PSS en sus siglas anglosajonas) únicamente se abordará como un diseño conceptual, sin que la integración de los conceptos y herramientas aquí planteados se integren en un software específico.

2. ESTRUCTURA, CONTEXTO TEÓRICO Y RESULTADOS ESPERADOS DE LA TESIS.

RESUMEN

Tras el planteamiento de la hipótesis y objetivos, en este capítulo se presentan las características estructurales y metodológicas del trabajo, una descripción del ámbito de estudio, y de las fuentes y escalas empleadas, y finalmente, una discusión acerca del conjunto de fundamentos teóricos sobre los cuáles se desarrolla. Igualmente se presentan las principales aportaciones esperadas como resultado de la tesis.

Palabras clave

Estructura del trabajo, metodología, ámbito de estudio, contexto teórico, contribuciones.

ABSTRACT

In this chapter the structure and methodology of this thesis are presented first. Second, the metropolitan area of Granada is described. This area was selected as the study area for this research. Furthermore, main data sources and scales used are discussed. After that, the theoretical foundations of the work: landscape ecology, environmental planning, GIS and urban modeling are discussed. The chapter concludes with an overview of the expected contributions of the thesis.

Keywords

Structure, methodology, study area, theoretical background, expected contributions.

ÍNDICE DE CAPÍTULO

2.	Estructura, CONTEXTO TEÓRICO Y RESULTADOS ESPERADOS DE LA TESIS	5
2.1	INTRODUCCIÓN	8
2.2	SOBRE LA ESTRUCTURA Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS.....	8
2.2.1	ESTRUCTURA DE LA TESIS	8
2.2.2	METODOLOGÍA DE LA TESIS.....	10
2.3	SOBRE EL ÁMBITO DE TRABAJO DE LA TESIS.....	13
2.3.1	ALGUNOS TRABAJOS RELEVANTES EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.....	16
2.4	SOBRE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESCALAS DE TRABAJO.....	18
2.4.1	LAS ESCALAS ESPACIALES DE TRABAJO	18
2.4.2	LAS ESCALAS TEMPORALES	18
2.4.3	LAS FUENTES GEOGRÁFICAS DE PARTIDA.....	19
2.5	SOBRE LAS BASES TEÓRICAS Y DISCIPLINAS EN LAS QUE SE FUNDAMENTA LA TESIS	21
2.5.1	EL ENFOQUE DE LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL:	23
2.5.2	ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y MÉTRICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL. Hacia NUEVOS CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN.....	27
2.5.3	LOS SIG: UNA HERRAMIENTA BÁSICA PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO	34
2.5.4	MODELOS DE SIMULACIÓN Y SU APLICACIÓN A FENÓMENOS URBANOS. Un LABORATORIO DE EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.....	37
2.6	SOBRE LAS APORTACIONES DE LA TESIS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1:	Diagrama del proceso metodológico seguido en la realización del trabajo.....	10
Figura 2-2:	Descripción detallada de la metodología de trabajo desarrollada en la tesis.....	12
Figura 2-3:	Composición Landsat ETM+ 5/4/3 (Enero 2005) que muestra el área de estudio con los principales núcleos urbanos y de la red viaria e hidrográfica.....	15
Figura 2-4:	Toma de puntos de control para la referenciación de una fotografía aérea. La cruz verde muestra el punto común a la fotografía aérea (1977) de la izquierda y a la ortoimagen (2004) de la derecha. Núcleo urbano de Armilla.....	20
Figura 2-5:	Mosaico de fotografías aéreas para el ámbito de estudio en 1977.....	20
Figura 2-6:	Integración de disciplinas en la elaboración del trabajo.....	22
Figura 2-7:	Plano del Sistema de parques conectados "Emerald Necklace en Boston", diseñado por Olmsted.....	24
Figura 2-8:	Descomposición en capas realizada por McHarg (1967) de la realidad territorial, mostrando los diferentes valores del territorio para las diferentes actividades y procesos.....	25

Figura 2-9: Eco-estructura o red de los espacios y valores ambientales de la Vega de Motril en la costa de Granada. Fuente: Pérez Campaña (2007).....	27
Figura 2-10: Los elementos básicos señalados por Lynch (Fuente: Lynch, 1960)	29
Figura 2-11: El Mosaico paisajístico para el sector Occidental del área de estudio, en el entorno del núcleo de Fuente Vaqueros.....	29
Figura 2-12: Corredor formado por el río Genil y los cultivos de chopera en su entorno	30
Figura 2-13: Los procesos de transformación del paisaje se reflejan en la estructura del mismo, y por tanto puede ser recogidos por los valores de las métricas de análisis espacial, como por ejemplo, a través de los tamaños medios de las teselas (Fuente: Forman, 1995).....	34
Figura 2-14: Cambio en el área central de las zonas agrícolas del paisaje agrario de la AUG	34
Figura 2-15: Modelo de datos raster y vectorial (Fuente: Valenzuela, Molero y Aguilera, 2007).....	36
Figura 2-16: Campo de información medio, o probabilidad de difusión de un fenómeno en función de la distancia.....	40
Figura 2-17: Índice de distribución de viajes en el modelo de Lowry.	41
Figura 2-18: Las vecindades de Moore y Von Neumann clásicas (9 y 5 celdas respectivamente) pueden ser extendidas, de forma que no se incluyan únicamente las celdas inmediatamente adyacentes, como es el caso de la vecindad de Moore de 5x5 (Fuente: Benenson y Torrens, 2006)44	
Figura 2-19: Las reglas de transición del Game of Life de Conway incluían 3 posibilidades de cambio principales: Nacimiento (a), Supervivencia (c) y Muerte (b). El resto de las situaciones implicaban que una celda permanecía sin vida (d) (Fuente: Benenson y Torrens, 2006).....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:Municipios que forman parte del ámbito de estudio.....	16
Tabla 2-2:Principales fuentes cartográficas empleadas en la elaboración del trabajo	21
Tabla 2-3: Disciplinas, conceptos más relevantes e instrumentos aplicados en el trabajo.....	23
Tabla 2-4: Análisis realizados con SIG con cada uno de los dos modelos de datos.....	37

2.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo, una vez descritas la hipótesis y objetivos del trabajo, presenta una cuádruple intención, que se puede resumir en los siguientes apartados:

- Presentar la estructura y proceso metodológico del trabajo, así como las principales fuentes empleadas
- Introducir el ámbito de trabajo, así como los principales estudios relevantes en la materia que han sido realizados con anterioridad en dicho ámbito.
- Realizar una discusión teórica acerca de las principales disciplinas y ramas del conocimiento que sirven como pilares del trabajo realizado, así como de los conceptos más relevantes de las mismas, con especial incidencia en aquellos aspectos abordados en el trabajo.
- Presentar las principales aportaciones previsibles o esperables del trabajo, en lo referente a criterios, metodologías, instrumentos y propuestas que en ella se recojan.

2.2 SOBRE LA ESTRUCTURA Y PROCESO METODOLÓGICO DE LA TESIS

En la primera de las cuatro vertientes citadas como principal propósito de este capítulo, se aborda la exploración de la estructura en la que se ha articulado el trabajo, así como el proceso metodológico diseñado para tratar de alcanzar los objetivos propuestos anteriormente.

2.2.1 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En lo referente a la estructura de la tesis, señalar que se encuentra dividida en seis bloques diferenciados que se comentan a continuación:

1. El primero de ellos se corresponde con los dos primeros capítulos del trabajo, referentes a hipótesis y objetivos, así como a la estructura y contexto teórico del mismo. Los principales aspectos abordados son los siguientes:
 - La estructura y metodología del trabajo, así como cuestiones previas fundamentales tales como la delimitación del ámbito de estudio.
 - Las escalas espaciales y temporales de trabajo así como las principales fuentes empleadas en la realización del mismo.
 - El análisis de los antecedentes y estado de la cuestión actual de los principales fundamentos teóricos y disciplinas en las que se enmarca la tesis.
 - Las principales aportaciones metodológicas, instrumentales y de resultados esperadas como consecuencia de la realización del trabajo.
2. El segundo bloque, que agrupa desde el capítulo 3 al capítulo 6, hace referencia al proceso de estudio, descripción y comprensión de las principales dinámicas y cambios que se han hecho

patentes en el ámbito de estudio. Los principales aspectos que se abordan en él son los siguientes:

- El estudio de la evolución de la ocupación de suelo por parte del crecimiento urbano en la AUG, tanto de suelo residencial como de zonas industriales.
- La identificación de los principales patrones morfológicos de dicha ocupación del suelo, tratando de caracterizar un conjunto de patrones en los que se puedan catalogar los crecimientos de las áreas residenciales e industriales.
- La evolución de las infraestructuras viarias en el ámbito de estudio, así como los cambios en la accesibilidad como consecuencia de dicha evolución.
- Los cambios en las áreas agrícolas periurbanas a través del estudio de la variación en los usos del suelo y en el parcelario agrícola aparente.

3. En el tercer bloque, correspondiente al capítulo 7, se plantea el diseño e implementación de un modelo de simulación del crecimiento urbano basado en Autómatas Celulares (AC) para la Aglomeración Urbana de Granada. Con este modelo se pretende tanto ahondar en la comprensión de las dinámicas de ocupación del suelo, como generar un laboratorio de simulación que permita generar escenarios como consecuencia de nuevas actuaciones metropolitanas. Este modelo será capaz de generar un conjunto de futuros escenarios metropolitanos posibles. Para ello se llevan a cabo las siguientes tareas:

- La valoración de algunos de los factores con incidencia en la ocupación del suelo a través de técnicas de regresión logística.
- El diseño conceptual del modelo de simulación del crecimiento urbano, en el que se presenta de forma íntegra el proceso metodológico de construcción
- La calibración y testeo del modelo a través de simulaciones *expost*, que muestren su capacidad para representar las dinámicas urbanas.
- La implementación de los patrones de ocupación del suelo en el modelo, con el objetivo de mostrar las capacidades del mismo para simular diferentes formas y patrones de ocupación.
- El diseño conceptual de un conjunto de escenarios, como combinación de dinámicas y patrones de ocupación
- La simulación a través del modelo de los escenarios futuros.

4. El cuarto de los bloques, que se corresponde con los capítulos 8 y 9, plantea la valoración de los escenarios futuros generados a través de la estimación de sus características espaciales así como de las alteraciones inducidas por los mismos sobre la función del paisaje. Así pues las principales tareas abordadas son:

- La valoración y evolución temporal de las características espaciales de los escenarios futuros a través de las métricas de análisis espacial. Se determinan las mayores o menores tendencias a la dispersión, o las tendencias a unos u otros patrones de ocupación.
- La puesta en marcha de una herramienta para la valoración de la función conectiva del paisaje desde el punto de vista ecológico.
- La valoración de los diferentes escenarios a través de la determinación de la afección de la conectividad que se produce sobre el paisaje por cada uno de los diferentes escenarios.

5. Este bloque, correspondiente al capítulo 10 afronta el diseño de un conjunto de criterios para la planificación metropolitana, cuya aplicación dará lugar a la generación de un escenario de propuesta así como al diseño conceptual de un sistema de ayuda a la decisión:
 - Diseño de un conjunto de criterios de planificación para el AUG como consecuencia de la simulación y valoración de los escenarios así como del proceso de análisis y comprensión del cambio metropolitano
 - El planteamiento de un escenario futuro como resultado de la aplicación de los criterios de planificación diseñado
 - El diseño conceptual de un sistema de ayuda a la toma de decisiones en la planificación que permita llevar a cabo la selección y valoración de alternativas empleando para ello las herramientas de simulación y los criterios de planificación desarrollados.

6. En el último de los bloques, coincidente con el capítulo 11 de conclusiones del trabajo, se recogen de forma sintética las principales aportaciones y conclusiones derivadas del trabajo desarrollado, así como las reflexiones acerca de las limitaciones de los mismos y las líneas de trabajo abiertas a continuar que la tesis plantea.

2.2.2 METODOLOGÍA DE LA TESIS

En lo que respecta a la metodología de trabajo que da sentido a la estructura anteriormente comentada, y que permite alcanzar objetivos enunciados, se ha tratado de plasmar a través del siguiente diagrama esquemático, recogido en la Figura 2-1, el cual se comenta a continuación.



Figura 2-1: Diagrama del proceso metodológico seguido en la realización del trabajo.

1. El primer ítem de la Figura 2-1 lo constituye el planteamiento de la hipótesis de trabajo y la definición de los objetivos de la tesis, descritos en el primer capítulo. A partir de esta hipótesis planteada, y para lograr los objetivos enunciados, es necesario en segundo lugar llevar a cabo la delimitación espacial del ámbito de trabajo cuya definición espacial se aborda en el epígrafe 2.3. Se puede resumir este epígrafe como el intento de responder a la cuestión: *¿Cuáles son los objetivos e hipótesis que dan soporte a la tesis?*

2. El siguiente elemento en el proceso metodológico, consiste en la realización de la revisión bibliográfica acerca de las principales cuestiones y aspectos que aborda el trabajo, en relación con las 4 disciplinas anteriormente señaladas y el estado de la cuestión en cada una de ellas. En el

epígrafe 2.5 se realiza una introducción bibliográfica a cada una de dichas disciplinas, que por su puesto se ve completada a través del desarrollo de las propuestas y análisis que se afrontan en el trabajo. Pretende esta revisión proporcionar una introducción al contexto teórico en el que se realiza el trabajo, así como servir como base de muchos de los conceptos y análisis que se plantearán a lo largo del desarrollo del mismo. La pregunta clave a responder a través de esta revisión bibliográfica sería: *¿Cuáles son los referentes teóricos y metodológicos que sustentan la tesis?*

3. A continuación se afronta el estudio, descripción y comprensión de las dinámicas y cambios metropolitanos. En él, a lo largo de los capítulos 3 a 6, y a partir de diversas fuentes cartográficas, se ha cartografiado la evolución de la ocupación de suelo urbano, del crecimiento de la red de infraestructuras viarias, de los patrones de ocupación urbana, así como de los cambios en los usos del suelo. Gracias a estas cartografías, así como a los datos de ellas derivados, se permite tener una visión general de los cambios que se han suscitado en la AUG a lo largo del período analizado (1977-2004), así como del conjunto de patrones de ocupación de suelo "tipo" que tienen representación actualmente en la AUG, los cuales ilustran distintas formas de ocupar el territorio agrícola tradicional por parte de las zonas urbanas. Bien podría decirse que estos capítulos tratan de responder a la pregunta *¿Cuáles son los principales cambios espaciales que acontecen en la AUG?*
4. Analizado y estudiadas las dinámicas metropolitanas, y representado en el esquema bajo el título de *simulación del cambio espacial*, en el capítulo 7 se procede a la elaboración de un modelo de simulación del crecimiento urbano, en desarrollo a lo largo de diversos trabajos previos (Aguilera, 2005; Aguilera, Soria y Valenzuela, 2006). A partir de este modelo se han llevado a cabo diferentes calibraciones del mismo, para que sea capaz de reproducir los diferentes patrones de ocupación urbana que fueron descritos anteriormente; y de esta forma generar diversos escenarios futuros. La pregunta que puede resumir este capítulo es: *¿Qué posibles tendencias/escenarios se pueden representar en relación con la ocupación de los paisajes agrarios por parte de las zonas urbanas?*
5. Una vez examinadas posibles tendencias futuras a través de los escenarios, empleando un conjunto de métricas de análisis espacial basadas en la ecología del paisaje, así como a través de estimaciones de la conectividad paisajística, dichos escenarios han sido valorados (capítulos 8 y 9) determinando los principales patrones, formas, etc. que presentan, así como determinando las consecuencias introducidas en la función de los paisajes agrícolas periurbanos. Se trata de responder de esta forma a la cuestión: *¿Cuáles son las características espaciales de los posibles tendencias futuras, y cuáles serían las consecuencias para los paisajes periurbanos de la consolidación de las mismas?*
6. Finalmente, el último paso del proceso metodológico implica poner en práctica el diseño de un conjunto de criterios de planificación eco-paisajística que permitan integrar los diferentes instrumentos desarrollados en el trabajo. El objetivo de este capítulo se puede resumir a través de la cuestión *¿Qué criterios y herramientas son útiles para la planificación ambiental de áreas metropolitanas?*

De una forma más detallada la Figura 2-3 describe este proceso

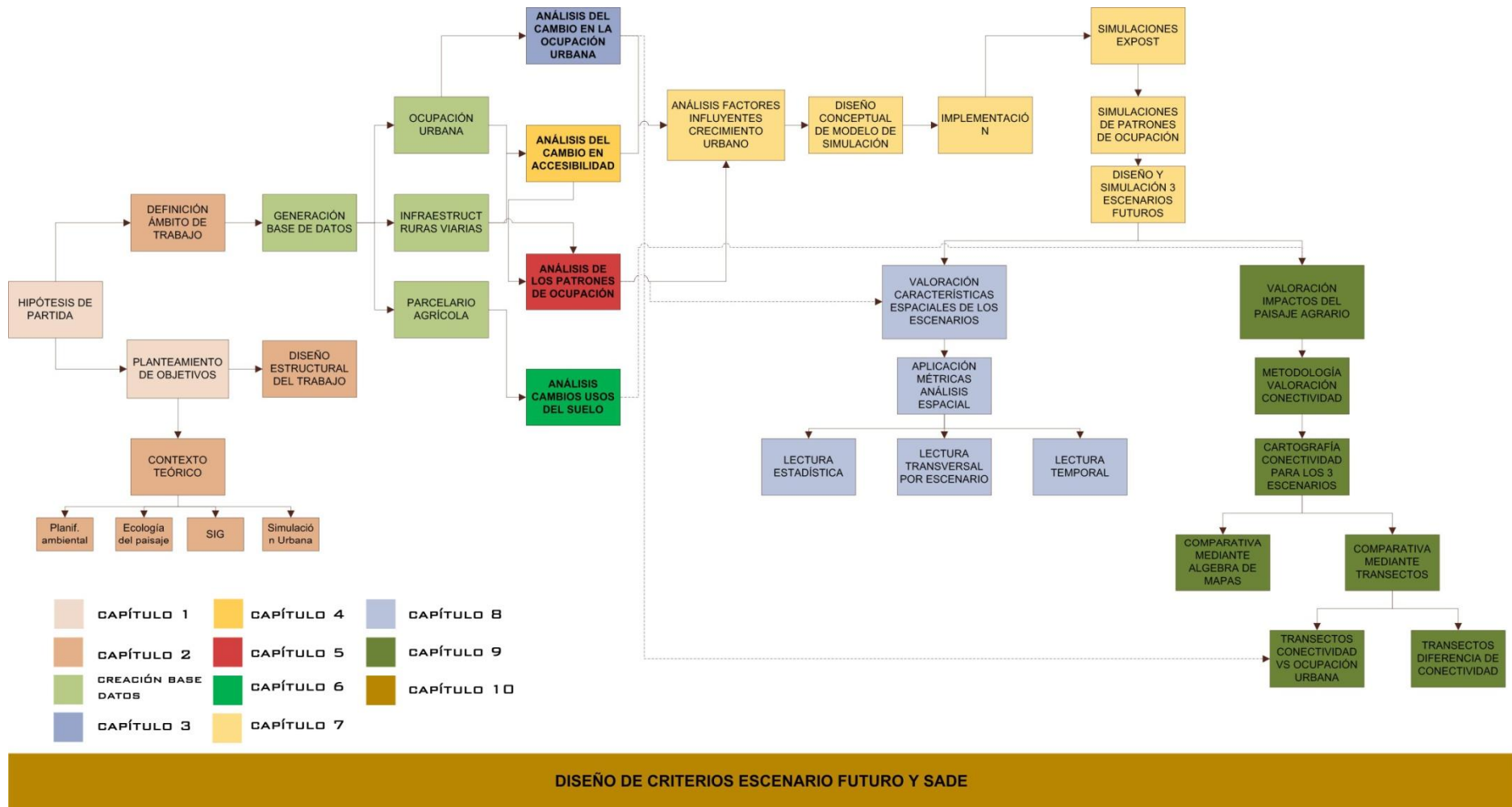


Figura 2-2: Descripción detallada de la metodología de trabajo desarrollada en la tesis

De esta manera queda resumida de forma esquemática la secuencia de trabajo realizado en la tesis. En cualquier caso, cada una de las cuestiones presentadas aquí recibe una explicación metodológica más detallada a lo largo de los diferentes capítulos en las que se abordan. La excesiva complejidad de alguna de las herramientas e instrumentos generados, hace recomendable proceder a la explicación de su desarrollo metodológico en los capítulos en los que se presentan.

2.3 SOBRE EL ÁMBITO DE TRABAJO DE LA TESIS

El ámbito de estudio delimitado para el trabajo realizado en esta tesis se corresponde, como ya se ha indicado, con un ámbito geográfico que se enmarca en lo que desde el punto de vista administrativo, y de los más recientes documentos de planificación se denomina Aglomeración Urbana de Granada; y desde el geográfico se ha denominado tradicionalmente Vega de Granada.

Este ámbito se encuentra emplazado en la depresión del Río Genil, situado a los pies del Macizo montañoso de Sierra Nevada, el más alto de la península Ibérica, constituyendo un territorio muy bien diferenciado de su entorno, hasta el punto de poder ser considerado una zona aislada (Bosque, 1962; Ocaña, 1974). Su ubicación dentro de la península Ibérica se encuentra en el Sudeste, perteneciendo a la región Andaluza. Esta comarca constituye la principal aglomeración urbana de la zona más oriental de Andalucía (provincias de Granada, Jaén y Almería), con una población mayor a los 450 mil habitantes en 2004.

A lo largo de la historia, las condiciones naturales de su entorno y la transformación llevada a cabo por el hombre, han conformado esta región como “un paisaje agrario singular”, con un predominio de rentas agrícolas hasta hace pocas décadas, en un territorio marcado por una compleja red hidrográfica (formada por 3 ríos, Dílar, Beiro y Genil, y un intrincado sistema de acequias) y de caminos articulados por ésta (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999; Menor, 2000).

Sin embargo, a pesar de la unidad geográfica tan clara que constituye la comarca de la Vega de Granada, en contadas ocasiones ha sido tratada como tal a través de los documentos de planificación o de las propuestas de planificación territorial, como por otra parte tampoco ha sucedido con otros ámbitos territoriales, como consecuencia del sistema de planificación existente en períodos pasados. La primera vez que esta unidad es tomada en cuenta como un todo tiene lugar allá por los años 70, cuando esta comarca es reconocida como un ámbito unitario por los documentos de planificación a través de la formulación del generalmente denominado Plan Comarcal de 1973¹ (Ministerio de Vivienda, 1973), consecuencia de la declaración del Polo de Desarrollo de Granada en 1970 (Menor, 2000; Fernández, 2004). No fue sin embargo una experiencia muy duradera, ya que tras el fin de la administración franquista pocos años después, el plan se encontraba totalmente fracasado, en parte también debido a muchos errores en sus previsiones (Fernández, 2004), entre los que podemos destacar el excesivo viario propuesto por el Plan, como se señala en Terán (1996).²

La segunda vez en la que se plantea la necesidad de estudiar y planificar la comarca de la Vega de Granada a través de un documento de planificación queda puesta de manifiesto en el Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Granada (Dirección General de Urbanismo, 1988), realizado por la dirección general de urbanismo de la Consejería de Obras Públicas y Transportes, en el que expresamente se señalaba la necesidad de estudiar y ordenar este ámbito a través de un

1 En referencia al Plan Comarcal de Ordenación Urbanística de Granada de 1973 y que comúnmente se denominó bajo este nombre.

2 Un análisis más detallado de este Plan se lleva a cabo en el Capítulo 3

documento de planeamiento, por su especial complejidad y valor. Varios años más tarde, ante la imposibilidad de llegar a un acuerdo para la redacción de un plan sobre este ámbito por parte de los municipios que lo forman, el municipio de Granada realizó el Plan Especial de Protección de la Vega de Granada (Ayuntamiento de Granada, 1990) en el marco de su ámbito municipal, con lo que no se respondía a esa necesidad de planificación supramunicipal para esta área.

Habrà que esperar hasta el año 1999 para encontrar de nuevo este ámbito, ya bajo la denominación de Aglomeración Urbana de Granada, como un ámbito reconocido y tratado como tal por el planeamiento. Se trata del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada (Consejería de Obras Públicas, 1999) (POTAUG³), un plan subregional elaborado por la Consejería de Obras Públicas de acuerdo con la ley 1/94 de Ordenación del Territorio de la Comunidad Andaluza.

El Plan, vigente actualmente tras leves modificaciones, realiza una propuesta de ámbito de carácter supramunicipal, que se obtiene como agregación de 32 municipios incluyendo a la capital granadina (Consejería de Obras Públicas, 1999). Para ello, se toman como puntos de partida diversos análisis y documentos que delimitan el área de influencia de la ciudad de Granada. Estos documentos son, entre otros, el propio Plan comarcal de 1973; las Directrices de Coordinación del planeamiento de la Vega de Granada (Dirección general de Urbanismo, 1984), que aunque finalmente no llegaron a tramitarse establecían como ámbito el del Plan Comarcal (incluyendo además el término municipal completo de Monachil); o los trabajos de Feria (1992), que incluían únicamente los municipios de la primera corona de la AUG. Otras delimitaciones para la AUG propuestas las encontramos en Menor (2000), que aunque igualmente incluye 32 municipios no coinciden con los delimitados en el POTAUG. También se puede encontrar una delimitación por agregación de municipios en Jiménez (2004) que incluye 30 municipios, con un ámbito igualmente similar al del Plan.

Esta disyuntiva, acerca de la selección del ámbito de trabajo, se ha planteado igualmente en este trabajo, optándose por delimitar un ámbito de trabajo propio, que difiere de los anteriormente señalados principalmente debido a la delimitación a partir de criterios geográficos y territoriales derivados de una comprensión de los procesos y dinámicas territoriales que tienen lugar en la AUG, así como de las posibles potenciales estructurantes en el futuro; en lugar de recurrir a la delimitación administrativa. El resultado es la delimitación de un corredor articulado de manera funcional y morfológica por varios ejes (N432, A-92, ferrocarril, río Genil) que recoge gran parte del conjunto de la AUG, a lo largo de unos 30 km en el eje longitudinal Granada-Láchar, y unos 15 km en el transversal que cruza la localidad de Santa Fé. Este corredor entendemos resulta un elemento territorial significativo de las dinámicas y cualidades de la AU⁴. Algunas de ellas son las siguientes:

- El ámbito seleccionado recoge la mayor parte de las zonas agrícolas tradicionalmente incluidos bajo la denominación de vega de Granada, espacio de innegable valor ambiental, económico, paisajístico y patrimonial (Ocaña, 1974; Rodríguez, 1985; Menor, 2000; Fernández, 2004)
- Gran parte de los crecimientos urbanos que tienen lugar en el conjunto administrativo de la Aglomeración Urbana de Granada se produce sobre las zonas agrícolas incluidas en el ámbito

³ Desde este momento se hará referencia al Plan Subregional de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada como POTAUG.

⁴ El empleo de una delimitación del ámbito de estudio que no atiende a criterios administrativos conlleva por otra parte, además de los beneficios comentados, una serie de limitaciones que se harán patentes en el trabajo, especialmente a la hora del manejo de estadísticas que se encuentran desagregadas a nivel municipal, y especialmente para el caso de los municipios de la cornisa Sur, cuyos términos municipales están incluidos mayoritariamente, pero no así los núcleos urbanos que los integran. Especialmente a tener en cuenta este hecho será para los análisis de accesibilidad y de saturación metropolitana de los nodos de infraestructuras (ver Capítulo 4)

de trabajo, lo que dado su alto valor (Fernández, 2004) supone un interés añadido a la hora de estudiar la ocupación de suelo en este ámbito

- Las infraestructuras viarias más importantes de la AUG se encuentran en esta zona. Concebidas en el tiempo de su trazado como límite de la urbanización, generan un conjunto de tensiones y atracciones para los suelos urbanos que es interesante analizar.
- Las distintas figuras de protección que han existido en la comarca de la Vega de Granada, a partir del Plan Comarcal de 1973 se han centrado en la protección de los espacios agrarios de Vega por su importante valor productivo en un principio y agroambiental-cultural más tarde.

De esta forma, el ámbito seleccionado, el corredor Granada-Láchar quedaría patente en la Figura 2-3

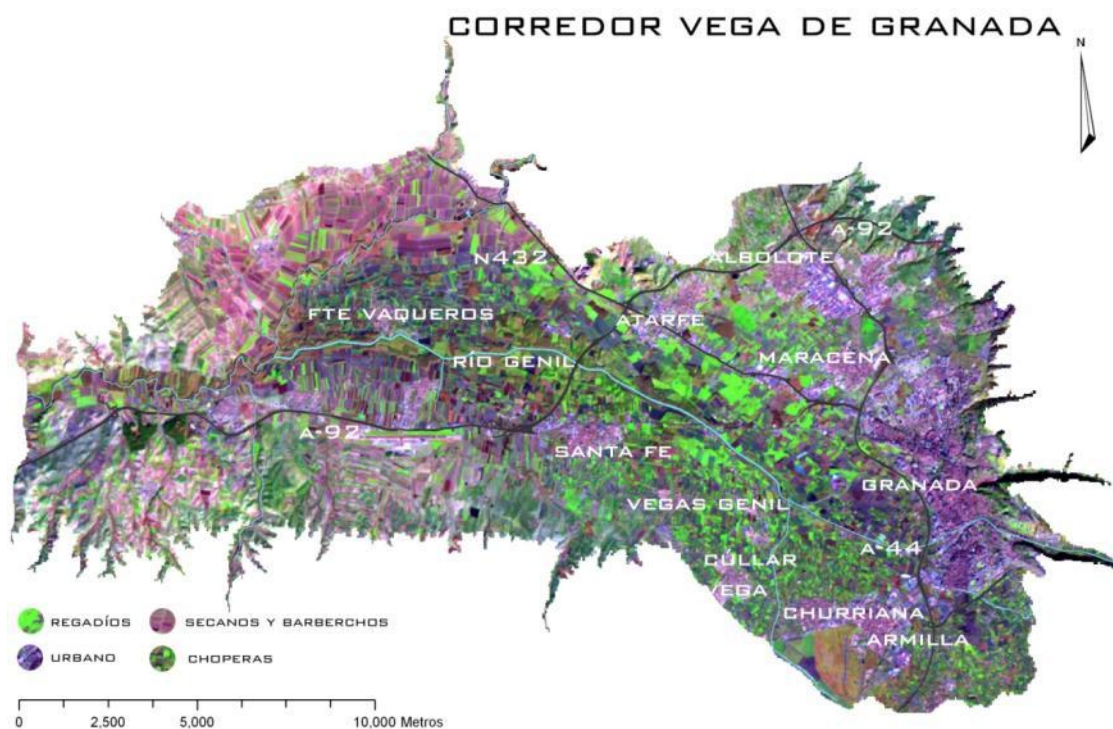


Figura 2-3: Composición Landsat ETM+ 5/4/3 (Enero 2005) que muestra el área de estudio con los principales núcleos urbanos y de la red viaria e hidrográfica.

La delimitación de corredor metropolitano ensayada en lugar de las clásicas delimitaciones basadas en las divisiones administrativas, constituye ya de por sí el primer punto de ruptura con los trabajos realizados hasta el momento en el ámbito de estudio, a la vez que por otra parte el dibujo de corredores multifuncionales de desarrollo territorial se puede entender como una aproximación que permite abordar la integración de las diferentes variables a tener en cuenta en el proceso de planificación lo que los convierte en elementos adecuados para el estudio y planificación a escala subregional (Benabent, 2006) en el contexto de las nuevas demandas territoriales de movilidad, ocio, espacios libres, etc. (Valenzuela, Soria y Aguilera, 2007)

No obstante, para el ámbito de estudio seleccionado en la Tabla 2-1 se detallan el conjunto de términos municipales que lo integran (algunos de los cuales, como ya se señaló anteriormente, no se encuentran incluidos totalmente)⁵.

⁵ Los municipios que están presentes de una forma residual en el ámbito y que por ello no serán incluidos en diversos análisis son los siguientes: Alfacar, Alhendín, Cájar, Cenes de la Vega, Chimeneas, Güevejar, Huétor-Vega, Íllora, Moraleda de Zafayona, y la Zubia.

MUNICIPIOS INCLUIDOS EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO
Albolote
Alfacar
Alhendín
Armillá
Atarfe
Cájar
Cenes de la Vega
Chauchina
Chimeneas
Churriana de la Vega
Cijuela
Cúllar Vega
Fuente Vaqueros
Gabias (las)
Granada
Güevejar
Huétor Vega
Íllora
Jun
Maracena
Moraleda de Zafayona
Ogíjares
Peligros
Pinos Puente
Pulianas
Santa Fé
Vegas del Genil
Zubia (la)

Tabla 2-1 Municipios que forman parte del ámbito de estudio

2.3.1 ALGUNOS TRABAJOS RELEVANTES EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO.

Una vez descrito el ámbito de estudio de este trabajo, a continuación se presenta una breve revisión histórica de algunos de los trabajos más relevantes en la materia que se han realizado en el ámbito de la AUG, generalmente desde una perspectiva geográfica; con el objetivo de entender la creciente preocupación que ha surgido desde la última mitad del siglo XX, por un entorno tan singular y valioso. Este último hecho además, será uno de los aspectos que todos los trabajos coincidirán en señalar a la hora de describir el espacio agrario formado como producto de la actividad humana a lo largo de siglos.

Uno de los primeros trabajos que se acercan a la comarca de la Vega y a la realidad urbana que tenía como base la misma, lo constituyen los trabajos de Bosque Maurel, en “Geografía Urbana de Granada” (Bosque 1962), en la que se lleva a cabo una preciosa descripción tanto de la geografía urbana de toda la provincia, con especial atención a la capital granadina, como del entorno agrícola que la rodea.

Un ejemplo de la excelente descripción de los diversos paisajes que se encuentran en el ámbito de estudio, extraído de su obra es la siguiente:

"...primero, bordeando el curso del Genil, la masa verde oscura de las extensos choperales de la antigua zona pantanosa de Santa Fé y Fuente Vaqueros... ..en las cercanías de Granada, y a lo largo de los cursos altos, aguas arriba, el cinturón de huertas... .. con sus cultivos de verduras y frutales. Choperas y huertas están envueltas por la vega propiamente dicha... ..parcelas de tabaco, trigo, patatas, remolacha, cañamo... .. y finalmente rodeando este paisaje, en las primeras pendientes del secano, aparecen los olivares, con regadío o sin él".

Poco después de esta obra, Ocaña, en su trabajo "La Vega de Granada. Un Estudio Geográfico" (Ocaña, 1974) sigue la línea de los trabajos de Bosque Maurel, en tanto en cuanto se trata de un trabajo que desde la geografía ahonda en la descripción y el conocimiento de la realidad del ámbito de estudio, aunque esta vez desde una perspectiva más agraria. Así pues, con una perspectiva de la geografía rural, se hace una amplia descripción de la geografía agraria de la Vega de Granada, así como las características geográficas y físicas y de su paisaje, coincidiendo prácticamente en fecha con la elaboración del anteriormente comentado Plan Comarcal de Ordenación Urbana de Granada (1973)

En 1985, de nuevo desde una perspectiva geográfica, los trabajos de Rodríguez (1985) presentan igualmente una descripción exhaustiva del medio físico de toda la provincia granadina entre los que destacan aquellos apartados dedicados al ámbito de la AUG. Queda patente ya en este trabajo una emergente pero a la vez fuerte preocupación por el modelo de ocupación urbana que comenzaba a experimentarse en la AUG, al comenzar a dirigirse hacia un modelo de aglomeración:

"...la invasión especulativa de la Vega por la ciudad y pueblos resulta una certera metáfora del modelo de desarrollo pobre, estancado, incapaz de producir, que esquilma lo único que tiene, esto es, el capital [natural y social] acumulado por un trabajo colectivo de milenios sobre el más privilegiado de sus recursos naturales".

Tras el Plan Especial de Protección del Medio Físico de la provincia de Granada, elaborado en el año 1988, el Plan Especial de Protección de la Vega de Granada será realizado por el Ayuntamiento de Granada constituyendo un trabajo interesante en el entorno del ámbito de estudio, en lo que respecta al reconocimiento del valor de los espacios agrarios periurbanos, y la necesidad de llevar a cabo un proceso de reactivación de los mismos.

Años más tarde, Menor, en su trabajo "La Vega de Granada: transformaciones agrarias recientes en un espacio periurbano" (Menor , 2000) continúa de nuevo, desde una perspectiva geográfica, la labor de valoración de la actividad agrícola en la Vega analizando principalmente los cambios en la estructura agrícola, especialmente en las parcelaciones y cultivos en ellas existentes, apuntando hacia la micro parcelación y escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales de la Vega como algunas de las causas de su retroceso.

En esta fecha entra en escena igualmente el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada (POTAUG) (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999), que constituirá el hito más importante en la planificación metropolitana del ámbito de estudio y que profundizará en múltiples de las cuestiones comentadas anteriormente en lo referente al paisaje agrario, aunque con una mayor incidencia en los aspectos territoriales, urbanos y de movilidad⁶.

Finalmente, el último de los trabajos relevantes en el plano territorial existentes para el ámbito de la AUG, "Bases para la evaluación ambiental y Territorial del Área Metropolitana de Granada" realizado por Fernández (2004), en el que se ponen de manifiesto los principales aspectos en los que la expansión urbana presenta una incidencia sobre los valores ambientales del ámbito.

⁶ Este plan será analizado con mayor detalle en el capítulo 3.

2.4 SOBRE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y ESCALAS DE TRABAJO

2.4.1 LAS ESCALAS ESPACIALES DE TRABAJO

Al ser la AUG un ámbito con carácter subregional-comarcal, debe ser abordado desde diferentes escalas de trabajo, como corresponde a un trabajo de marcado carácter territorial. De esta forma se pueden encontrar desde cartografía de escala subregional, con un detalle de en torno a 1:80000 para aquellos análisis que se corresponden con todo el ámbito de estudio (aunque la mayor parte de la información ha sido generada con mayor detalle), hasta cartografías o imágenes de escalas en torno a 1:10000 y 1:5000, en las que se abordan actuaciones concretas en el ámbito de trabajo.

Esta multiescalaridad, que debe ser propia de los trabajos con una perspectiva territorial (Viganó, 2001; Gómez, 2002) permite alcanzar un nivel de conocimiento del ámbito de estudio que de otra forma sería imposible conocer, puesto que determinados procesos, relaciones o dinámicas únicamente cobran sentido únicamente cuando se estudian desde la escala adecuada. Por estas razones se ha intentado realizar el trabajo desde un enfoque interescalar inherentemente territorial, que por otra parte supone un esfuerzo añadido en lo que respecta al tratamiento e integración de distintas fuentes cartográficas generadas a diferentes escalas, y que hace fundamental el empleo de herramientas como los SIG.

2.4.2 LAS ESCALAS TEMPORALES

Como se deriva del enunciado de la hipótesis y de los objetivos del trabajo, el estudio y análisis de los cambios temporales que han acontecido en el ámbito de estudio, se constituye como un elemento central del mismo. En este contexto, merece especial mención el tratamiento que de las escalas temporales se ha realizado en el trabajo, consistente en establecer un conjunto de hitos y fechas que son tomadas como puntos de partida sobre los que plantear el estudio de las dinámicas temporales del cambio espacial. Estos hitos o fechas seleccionados se han correspondido con aquellas fechas para las que eran accesibles fuentes cartográficas las cuales permitiesen documentar y apoyar como información de partida los análisis planteados.

El conjunto de fechas sobre el que se podrá realizar el estudio de las dinámicas temporales serán los siguientes:

- *1977*. La primera fecha empleada constituirá la situación de partida en los análisis de la evolución de la ocupación de suelo urbano, coincidiendo además con un período de comienzo de intensos cambios en España. Para esta fecha están disponibles las fotografías aéreas correspondientes a un vuelo del Ministerio de Agricultura a escala 1:18000 que ha permitido el establecimiento con éxito de la situación de partida del trabajo en lo que a las dinámicas de ocupación urbana e infraestructuras se refiere.
- *1984*. El segundo hito temporal considerado se corresponde con el año 1984, fecha que se corresponde con el incremento de los fenómenos de expansión de la segunda residencia en el AUG, y para el que existe información a través de fotografía aérea en formato digital para la comunidad autónoma andaluza.

- 1990. El comienzo de la década de los 90 comienza con la aceleración del proceso de Aglomeración Urbana (Consejería de Obras Públicas, 1999; Menor, 2000), por lo que se constituye como una fecha importante en el proceso de análisis temporal. Para esta fecha se encuentra disponible la cartografía del ICA⁷ a escala 1:10000 en formato raster, en la que se incluye información detallada correspondiente acerca del parcelario agrícola, por lo que marcará el análisis de la dinámica del paisaje agrario, la cual se hacía imposible a través del empleo de la fotografía aérea en blanco y negro
- 1999. Como ya se ha señalado anteriormente, en esta fecha se produce la aprobación definitiva del POT AUG, siendo una interesante fecha a tener en cuenta en el análisis de la dinámica temporal. Para ella además está disponible por primera vez la ortofotografía en color a escala 1:10000, comercializada por el ICA, de la que se ha podido extraer información correspondiente a los crecimientos en la ocupación de suelo.
- 2004⁸. Como último momento en la serie temporal escogida para el estudio de las dinámicas del corredor se ha escogido la fecha de 2003 y 2004, para la que se disponen de varias fuentes tanto en formato imagen como en formato vectorial, y que permitirán analizar tanto los cambios en la ocupación del suelo como en el paisaje agrario.

2.4.3 LAS FUENTES GEOGRÁFICAS DE PARTIDA

En lo que respecta a las fuentes geográficas de información, especialmente aquellas fuentes de información espacial, es necesario destacar en primer lugar su amplia diversidad, con motivo de la variedad de dinámicas y de períodos temporales estudiados. En cualquier caso, se puede afirmar que principalmente han sido fuentes de información geográfica las fotografías aéreas y ortofotografías disponibles para las diferentes fechas señaladas anteriormente, contándose con el apoyo de cartografía digital en formato raster de extensión *.tif así como de cartografía vectorial en formato *.cad. En lo que respecta a las fuentes no espaciales, ha sido principalmente empleado el conjunto de datos disponible a través del instituto de estadística de Andalucía.

Para el caso de las fuentes cartográficas o espaciales, la heterogeneidad de las mismas en lo que a organismos productores y a escalas se refiere, es manifiesta. De esta forma la fotografía aérea de 1977 forma parte de un vuelo a escala 1:18.000 realizado por el Ministerio de Agricultura en dicha fecha, mientras que la correspondiente a 1984 forma parte de un vuelo del Instituto Cartográfico de Andalucía a escala 1: 60.000.

Ambas fuentes analógicas han sido escaneadas individualmente con una resolución de 300dpi e igualmente referenciadas mediante puntos de control, empleando como base la ortoimagen corregida de 1999, que se encuentra referenciada en el sistema de coordenadas UTM 30N.

Este proceso de georreferenciación, ha consistido en la identificación de un conjunto de puntos de control tanto en la imagen a referenciar como en una fuente referenciada en el sistema de coordenadas objetivo. Una vez identificados los puntos de control en ambas imágenes, se ha obtenido una función de transformación (que en este caso ha sido de segundo grado) entre ambos sistemas de coordenadas, de

⁷ Instituto Cartográfico de Andalucía.

⁸ Bajo la fecha de 2004 se han agrupado un conjunto de fuentes que se corresponden con los años 2004 y 2003, como se detalla más adelante en el comentario de las fuentes de información geográfica disponibles.

tal modo que ha sido posible convertir las coordenadas de la fotografía aérea escaneada en coordenadas UTM de la ortofotografía (Figura 2-4). Una descripción exhaustiva de este proceso de georreferenciación puede encontrarse en Bosque (1992) o en Gutiérrez y Gould (1994).



Figura 2-4: Toma de puntos de control para la referenciación de una fotografía aérea. La cruz verde muestra el punto común a la fotografía aérea (1977) de la izquierda y a la ortoimagen (2004) de la derecha. Núcleo urbano de Armilla.

Este proceso se ha repetido con todas las fotografías aéreas para ambas fechas, de tal forma que se ha generado un mosaico con las imágenes para todo el ámbito de estudio, tanto para 1977 como para 1984 (Figura 2-5).



Figura 2-5: Mosaico de fotografías aéreas para el ámbito de estudio en 1977

Por su parte, las fuentes cartográficas empleadas para la fecha de 1990 se corresponden con el “Mapa digital de Andalucía” comercializado por el ICA en formato raster (imagen) a escala 1:10.000. Esta cartografía se encuentra perfectamente georreferenciada y dividida en hojas de acuerdo con la división del mapa de Andalucía a escala 1:10.000.

Para la fecha de 1999 se ha contado como fuente con la ortofotografía digital en color para Andalucía a escala 1:10.000 con 1 m de resolución, que igualmente se encuentra organizada de acuerdo con la división en hojas del mapa digital de Andalucía a escala 1:10.000. Esta fotografía en color perfectamente orto rectificadas ha sido además empleada como base para llevar a cabo la referenciación geográfica de las fotografías aéreas escaneadas correspondientes con las fechas de 1977 y 1984.

Finalmente para la fecha de 2004 se ha contado con la ortofografía en color con 1 m de resolución para toda la Comunidad Autónoma Andaluza también comercializada por el ICA, así como con la cartografía digital a escala 1:10.000 en formato vectorial para la provincia de Granada realizada por la Diputación Provincial. Igualmente ha sido empleada como apoyo la ortofotografía en blanco y negro para toda Andalucía, con 0,5 m de resolución espacial de nuevo del ICA.

La Tabla 2-2 recoge de forma sintética las diferentes fuentes cartográficas empleadas, sus características y las cartografías derivadas que han ayudado a producir. Estas cartografías se corresponden con las presentadas en los capítulos 3 a 6, que han sido generadas en este trabajo mediante procesos de digitalización en pantalla a partir de las fuentes comentadas, de tal forma que constituyen de por sí una aportación original de este trabajo.

TIPO DE FUENTE	FECHA	ESCALA	ORGANISMO	CARTOGRAFÍA ELABORADA
Fotografía aérea B/N	1977	1:18.000	Ministerio de Agricultura	Ocupación de suelo, viario
Fotografía aérea B/N	1984	1:60.000	ICA	Ocupación de suelo, viario
Cartografía raster	1990	1:10.000	ICA	Ocupación de suelo, viario, parcelario agrícola
Ortofotografía color	1999	1:10.000	ICA	Ocupación de suelo, viario
Ortofotografía B/N	2003	1:5.000	ICA	Ocupación de suelo, viario, parcelario agrícola
Cartografía vectorial	2003	1:10.000	Diputación Provincial de Granada	Ocupación de suelo, viario, parcelario agrícola
Ortofotografía Color	2004	1:10000	ICA	Ocupación de suelo, viario, parcelario agrícola

Tabla 2-2: Principales fuentes cartográficas empleadas en la elaboración del trabajo

2.5 SOBRE LAS BASES TEÓRICAS Y DISCIPLINAS EN LAS QUE SE FUNDAMENTA LA TESIS

En lo que respecta a las bases teóricas que forman parte de este trabajo, en primer lugar es necesario hacer mención expresa a la interdisciplinariedad⁹ del mismo, que surge como parte del espacio de encuentro de diversas disciplinas (Figura 2-6) en relación con la planificación y el análisis espacial en áreas metropolitanas y sus entornos agrarios periurbanos.

⁹ Esta transdisciplinariedad del trabajo es producto de diversas cuestiones, siendo una de ellas la formación de grado y postgrado del autor. Este hecho, en múltiples ocasiones podrá implicar, como algunas veces se pondrá de manifiesto, que el trabajo no aborde en profundidad extrema algunos de los aspectos o cuestiones en él planteados; pero por otra parte tendrá como contrapartida la presentación de un esfuerzo integrador de disciplinas y ámbitos de trabajo completamente necesario y oportuno para poder responder ante los nuevos retos que se plantean en el campo de la planificación actual de las áreas metropolitanas en relación con su entorno.



Figura 2-6: Integración de disciplinas en la elaboración del trabajo.

Algunas de estas disciplinas son de una tradición relativamente reciente, como puede ser el campo de los Sistemas de Información Geográfica o la simulación urbana y el análisis espacial (años 60-70), y otras de desarrollo teórico más amplio y tradicional, siendo así por ejemplo el caso de la planificación, el urbanismo y la preocupación por el “verde” de las ciudades, ámbitos teóricos que emergen a mediados del siglo XIX. De forma breve los saberes que se conjugan en este trabajo son:

La planificación, así como el urbanismo y la ordenación del territorio, especialmente en su vertiente recientemente llamada “ambiental” (en referencia a la preocupación por las cuestiones ambientales, a las que tradicionalmente el urbanismo ha dedicado parte de sus esfuerzos ya desde los trabajos de F.L Olmsted a desde mediados del S XIX);

La ecología del paisaje, que a pesar de surgir mediados del siglo XX, es en los últimos años 20 años cuando cobra importante relevancia, gracias a los trabajos de autores como R.T.T Forman, cuyos enfoques y herramientas han permitido el estudio de los paisajes como un elemento “vivo” y dinámico en el que el hombre es el principal protagonista.

Los sistemas de información geográfica, herederos del análisis espacial y los métodos cuantitativos en la geografía, e impulsados por trabajos como los de Berry (1964) o McHarg (1967), constituyen una importante herramienta de análisis y manejo de información geográfica, que ha servido como soporte para la mayor parte de los análisis realizado en este trabajo.

Los modelos de simulación urbana y el análisis espacial, que con un importante desarrollo a partir de la segunda mitad del siglo XX, y a pesar de lo controvertido de su “capacidad de predicción”, constituyen ambos una importante herramienta de simulación que en cualquier caso posee un importante y sólido corpus teórico, especialmente en lo que respecta a su capacidad para profundizar en el análisis de las dinámicas complejas, y en la generación de escenarios de futuro como instrumento de comprensión y aprendizaje. Algunas referencias importantes a este respecto son los trabajos de Hagget y Chorley (1969); Batty (1994), Wegener (1994) o más recientemente los de White y Engelen, (1993, 1997, 2000).

La Tabla 2-3 recoge las cuatro disciplinas descritas, mostrando para cada una de ellas aquellos conceptos que han sido de mayor relevancia en los trabajos desarrollados así como los principales instrumentos y herramientas de dichas disciplinas que han permitido llevarlos a cabo.

Disciplinas	Conceptos	Instrumentos
Planificación Ambiental	Sostenibilidad	Diseño de escenario futuros más sostenibles
	Criterios	Criterios de planificación y ordenación
	Procesos	Dinámicas y patrones de ocupación.
	Indicadores	Herramientas e indicadores de monitorización y seguimiento
Ecología del Paisaje	Estructura del paisaje	Métricas de estructura del paisaje urbano
	Conectividad paisajística	Análisis de conectividad ecológica
	Cambio en el paisaje	Cambios en los usos del paisaje
Sistemas de Información Geográfica	Análisis espacial	Análisis de distancias, matrices de comparación
	Costes de desplazamiento	Superficies de fricción y algoritmos coste distancia
	Gestión información geográfica	Base de datos
Simulación espacial	Modelos	Modelo basado en Autómatas celulares
	Simulación	Simulaciones de crecimiento futuro para el AUG
	Escenarios	Diseño de posibles escenarios futuros de ocupación

Tabla 2-3: Disciplinas, conceptos más relevantes e instrumentos aplicados en el trabajo.

Presentadas disciplinas, conceptos e instrumentos, a continuación se lleva a cabo una pequeña reflexión acerca del contexto teórico de las mismas, su evolución en los últimos tiempos así como aquellas cuestiones especialmente relevantes en relación con los objetivos de trabajo que aquí se presenta¹⁰.

2.5.1 EL ENFOQUE DE LA PLANIFICACIÓN AMBIENTAL:

Es este un trabajo de encuentro de disciplinas pero que surge principalmente desde el campo de la planificación en áreas metropolitanas, con especial atención a las cuestiones ambientales, y al que otras disciplinas enriquecen con nuevos conceptos e instrumentos. Por ello se puede afirmar que esta disciplina es desde donde parte el fundamento de la hipótesis y la mayor parte de los objetivos que de ella se derivan, por lo que merece ser un aspecto central de discusión en esta reflexión teórica.

Puntualizado este hecho, es necesario además señalar que el término “Planificación ambiental”, es además de un término novedoso, en ocasiones también controvertido. No en vano, el urbanismo, ya desde finales del siglo XIX, ha mostrado, con diferente intensidad y acierto a lo largo de su historia, una preocupación importante y necesaria en lo que respecta tanto a las cuestiones naturales en la ciudad, como a la relación de ésta con la naturaleza. Y es por ello, que se podría argumentar que no existe tal planificación *ambiental* sino *cuestiones ambientales a tener en cuenta en el proceso de planificación*.

En cualquier caso, ya entendamos lo *ambiental en la planificación* como una rama del planeamiento, o bien como una de las múltiples miradas que el planificador necesita para comprender la complejidad territorial y urbana, esta trabajo surge como una búsqueda de herramientas y criterios de planificación

¹⁰ En cualquier caso, una discusión bibliográfica más profunda sobre los aspectos concretos tratados en cada capítulo, especialmente en los capítulos 7, 8 y 9, se incluye en los mismos. Sería imposible introducir en este apartado todas las cuestiones bibliográficas relevantes tratadas en la tesis.

que permitan afrontar las nuevas cuestiones ambientales que se demandan del proceso de planeamiento (Oliva, 2000; Faludi, 2003), no únicamente desde una perspectiva cautelar sino en interacción positiva con otros saberes (Gómez, 2002) fuertemente presentes en este campo.

Resulta conveniente a la hora de plantear estos nuevos instrumentos, realizar una breve revisión de la evolución del interés desde la planificación por lo ambiental del territorio (Matarán, 2005). Y es que ya desde el siglo XIX, con el comienzo del urbanismo¹¹, y ante la formación de las emergentes áreas metropolitanas europeas y americanas, en el campo de la planificación surge una preocupación por la mejora de las condiciones de salubridad y calidad de vida de las ciudades, en lo que se denomina *urbanismo sanitario y social*, que genera un acercamiento a cuestiones *ambientales* en el ámbito urbano. Uno de estos primeros acercamientos lo constituye la preocupación por la creación y el diseño de importantes parques centrales en las grandes metrópolis europeas y sobre todo norteamericanas de los años novecientos (Landrum, 2004; Gómez, 2004) que se convertirían posteriormente en sistemas de parques¹² tan importantes como el denominado "*Emerald Necklace*" de Boston de 1868 (Figura 2-7) o el *Park System* de Buffalo (1870), que se anticiparían más de un siglo a las ideas actuales de la conectividad de los paisajes en los ámbitos urbanos y metropolitanos.

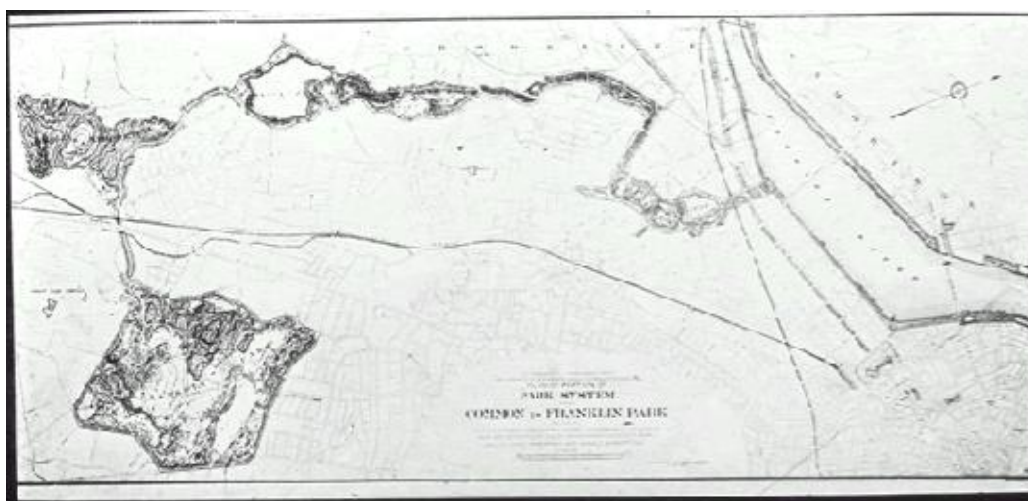


Figura 2-7: Plano del Sistema de parques conectados "*Emerald Necklace* en Boston", diseñado por Olmsted.

Otra de las nuevas tendencias y enfoques surgidos como respuesta a estos cambios metropolitanos la constituye a principios de siglo XX la línea de los denominados "Regionalistas" que abogarán por una descentralización a través de la planificación regional, que permitiese a las ciudades mantener su vínculo con su región. El escocés Sir Patrick Geddes y su discípulo, el norteamericano Lewis Mumford serán precursores intelectuales de este movimiento.

Estas ideas de Geddes y Mumford comenzarán a dar sus frutos con el desarrollo de un conjunto de planes regionales en Europa y en algunas metrópolis norteamericanas, que tendrán como ámbito la región y que además prestarán atención a las cuestiones naturales y ambientales. Así, en los años 20 surgen por ejemplo el plan de la cuenca del Rhur en Alemania, el Plan regional de Nueva York en 1929, o el "*Appalachian Trail*" de Mackaye (1921).

¹¹ Término acuñado por primera vez como tal por el Ingeniero Ildefonso Cerdá.

¹² Nótese que ya desde el final del siglo XIX datan las ideas de los sistemas de parques interconectados así como su conexión con los sistemas naturales, hoy empleadas en el diseño de corredores ecológicos y en el establecimiento de redes de espacios libres (Ahern, 2001)

Tras años de escasa presencia de la cuestión ambiental en el ámbito de la planificación, especialmente tras la Segunda Guerra Mundial, en los años 60 una dimensión más ecológica comienza a tomar fuerza (Botequilha y Ahern, 2002; Pérez, 2007), en buena parte gracias a los centrales trabajos del escocés Ian McHarg, y su obra *Design with Nature* (McHarg, 1967) (Figura 2-8), que se convertía en una auténtica reivindicación del valor de lo natural y ambiental para el hombre así como para la ciudad a la que le da sustento.



Figura 2-8: Descomposición en capas realizada por McHarg (1967) de la realidad territorial, mostrando los diferentes valores del territorio para las diferentes actividades y procesos.

Poco más tarde, la conferencia de Estocolmo de 1972 y la crisis del petróleo de principios de los 70, generarán además una nueva y creciente preocupación por la naturaleza y el medio ambiente a nivel global, suponiendo en el ámbito de la planificación una vuelta al interés por las escalas regionales, a la vez que un acercamiento a otras materias o disciplinas emergentes como la ecología del paisaje, que comenzaban a fraguarse en EEUU.

En este contexto, en el que la sostenibilidad emerge como un nuevo paradigma¹³, comienzan a desarrollarse nuevos instrumentos de planificación, especialmente a partir de los años 80, que perseguirán la creación de redes de protección de las zonas de interés ambiental (véase la Red Natura 2000 de la UE), y que permitiesen luchar y frenar la fragmentación de las zonas naturales como consecuencia de la acción antrópica, con una clara influencia de otras disciplinas como la ecología. Una de las denominaciones que han recibido estos instrumentos de conservación ha sido el término *greenways* o *corredores ecológicos* (Ahern, 1995, 2001; Hellmund y Smith, 2006) que sin duda nacen inspiradas en las *parkways* que permitían la conexión de los parques urbanos en los años del *Park*

¹³ El término sostenibilidad o desarrollo sostenible aparecerá por primera vez como tal en el denominado informe Brundtland, elaborado en 1987 para la ONU por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland. Originalmente, se llamó Nuestro Futuro Común (*Our Common Future*, en inglés) y definió desarrollo sostenible como "aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones."

Mouvement. Estos corredores, surgidos como un instrumento de lucha contra la fragmentación del paisaje, se convierten de esta forma en una de las herramientas importantes que los planificadores comienzan a emplear para la protección y conservación de los valores ambientales, aunque en un primer momento únicamente desde una perspectiva ecológica (Jongman, 1995; Naveh, 1998).

A la vez que se desarrollaban este nuevo conjunto de herramientas de planificación sostenible con un enfoque más ecológico, los procesos de metropolización en el caso de las ciudades europeas (Font *et al*, 2004; EEA, 2006a) o españolas (OSE, 2006; Ministerio de Vivienda, 2006) se aceleraban, agravando en general la fragmentación de los hábitats (Antrop, 1998; Hidden y Teunissen, 2001), lo que hacía más necesaria la aplicación de los anteriores instrumentos en entornos metropolitanos y urbanos¹⁴ (Cook, 2000), desde una perspectiva que obligase al entendimiento de planificadores y ecólogos del paisaje (Antrop, 2001). Así múltiples experiencias en este sentido se han ido sucediendo, planteando el desarrollo de toda una *infraestructura ecológica*, que se ha denominado *green infrastructure* (Benedict and McMahon, 2006), malla de valores ambientales (Matarán Ruiz y Valenzuela Montes, 2008), o ecoestructura (Figura 2-9) (Pérez, 2007; Valenzuela, Pérez y Matarán, 2007),

En este sentido existen importantes experiencias recientes, como los trabajos de Cook (2001), para el establecimiento de una red ecológica en paisajes urbanos; el plan de ordenación urbana del municipio de Pozzalo en Italia (Bettini, Gianoni, Di Noto, Stevanin, y Zannin, 2001), en el que el diseño de sistema de corredores ecológicos permite la selección y el diseño de aquellas alternativas de planeamiento que ocasionan menores efectos negativos sobre la eco-estructura del paisaje; el estudio de Botequilha, Miller, Ahern y Mcgarigal (2006) en Amherst (EEUU), en el que se plantea el diseño de escenarios de *smart growth*, en los que se preserva y mantiene la infraestructura ambiental sobre la que tienen lugar los crecimientos; o los de Pelizaro (2005) que establecen un sistema de ayuda a la decisión con el objetivo de generar nuevos espacios verdes urbanos.

¹⁴ Paralelamente al desarrollo de estos instrumentos metodológicos de planificación, e igualmente como reacción ante los procesos de acelerado crecimiento y patrones de metropolización de las ciudades, a partir de los años 90 comienza el desarrollo de nuevos puntos de vista que ponen en crisis los modelos de ciudad y metrópolis dispersa, y que hacen del argumento de la sostenibilidad una de los principales y más importantes manifestaciones en contra de los procesos de sprawl y crecimiento metropolitano (Nuisl, Rink y Steuer, 2005). En el ámbito nacional, autores como Naredo (1997) o Rueda (1997) dedican amplios esfuerzos teóricos a esta cuestión, a la vez que otros autores como Fariña (2002) sin embargo señalarán el escaso calado que este discurso encuentra en urbanistas y economistas, con importante responsabilidad por otra parte a la hora de paliarla.

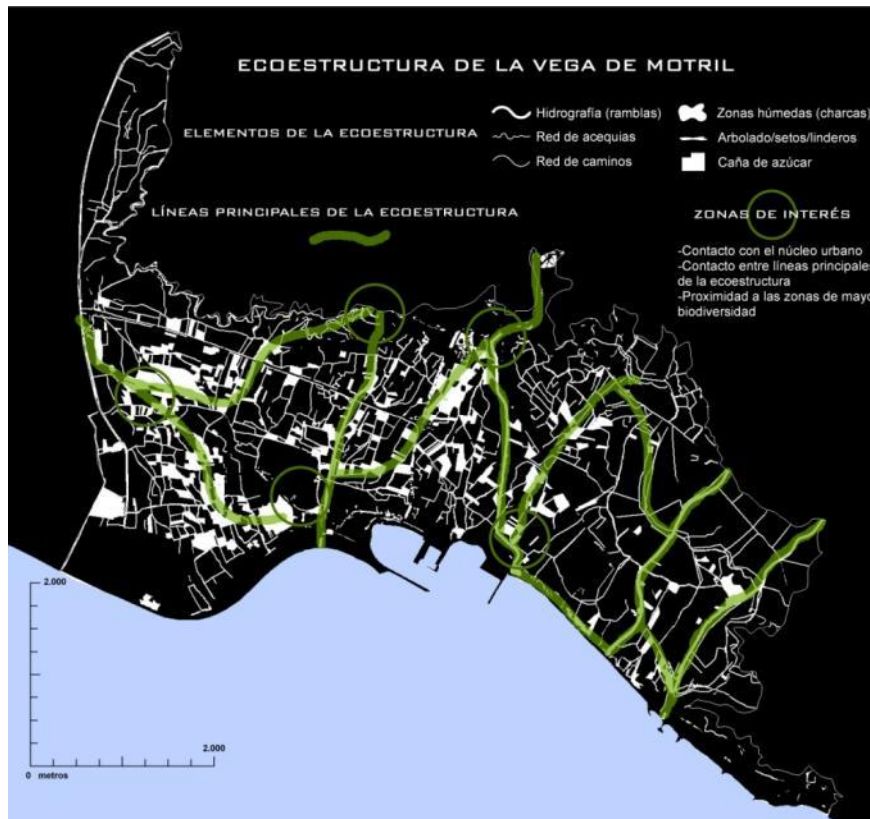


Figura 2-9: Eco-estructura o red de los espacios y valores ambientales de la Vega de Motril en la costa de Granada.
Fuente: Pérez Campaña (2007).

Y en este contexto de aplicación de instrumentos de planificación sostenible en entornos metropolitanos es en el que se circunscribe este trabajo, con especial atención al tratamiento de las cuestiones ambientales metropolitanas a través de nuevos enfoques procedentes de otras disciplinas, como las que se irán presentando a lo largo de este epígrafe.

2.5.2 ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y MÉTRICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL. HACIA NUEVOS CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN.

Al igual que la planificación ambiental constituía el punto de partida de la tesis y uno de sus principales cuerpos teóricos, la ecología del paisaje se convierte en uno de los más importantes núcleos de herramientas e instrumentos tanto teóricos como prácticos que son necesarios para avanzar en la planificación eco-paisajística de áreas metropolitanas, en la que se pretende indagar en esta tesis. Cuestiones como la conectividad, la estructura del paisaje agrario y urbano, o las métricas de análisis espacial, serán herramientas básicas en este trabajo, por lo que requerirán de una introducción que permita conocer sus características y el contexto teórico en el que se desarrollan, esto es, en el de la disciplina de la ecología del paisaje como ciencia encargada del estudio de los paisajes a través del conocimiento de su estructura, función y dinámica.

El término ecología del paisaje, introducido por el biogeógrafo alemán Carl Troll, en relación con la interpretación de la fotografía aérea (Troll, 1939), tenía como objetivo allá en sus comienzos, combinar

los ámbitos de estudio de dos disciplinas tales como la ecología y la geografía (Burel y Baudry, 2000). A pesar de emerger en la mitad del Siglo XX (Botequilha, *et al* 2006) no será sin embargo hasta las últimas décadas de dicho siglo cuando la ciencia con este mismo nombre no emprenderá su desarrollo teórico y práctico más acelerado y sólido, durante lo que algunos autores han denominado como la fase del “land mosaic” (Dramstad, Olson y Forman, 1997), en referencia a las importantes obras de Forman y Godron (1986) y de Forman (1995), que se desarrollan en esta época. En esta fase, la cantidad de aportaciones en la disciplina, ya sean en forma de libros o de artículos se ha multiplicado, existiendo a día de hoy múltiples referencias y revistas especializadas en la materia (Turner *et al*, 2001).

Además, la ecología del paisaje recibe importantes influencias de diversas disciplinas cercanas (Burel y Baudry), como la *teoría de la jerarquía*, de la que la ecología del paisaje toma las ideas de las escalas espaciales y temporales; la *teoría de la percolación*, de la que obtiene la idea de que el intercambio de información (o por ejemplo el movimiento de un individuo entre dos manchas o teselas) entre dos elementos susceptibles de hacerlo se realiza a través de medios que son relativamente “porosos” a dicha información; o la *teoría biogeográfica de islas*, que establece la existencia de una importante relación entre la organización espacial del medio y los procesos ecológicos que en él tienen lugar.

Los objetivos centrales de estudio de la ecología del paisaje son principalmente (1) el análisis y relación de las estructuras que componen el paisaje, (2) las funciones que dichas estructuras presentan, (3) así como los cambios que en ellas acontecen a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986; McGarigal y Marks, 1995; Botequilha *et al*, 2006). En esta tesis, además de buscar y diseñar herramientas y criterios de la ecología del paisaje para avanzar en la planificación ambiental de áreas metropolitanas, se ha mantenido su perspectiva de estudio, en lo que a estudio de estructura, función y dinámica de determinados aspectos se refiere, por lo que resulta interesante presentar las características de cada uno de ellos

2.5.2.1 ESTRUCTURA DE LOS PAISAJES.

Se puede definir de manera sencilla la estructura de los paisajes como el conjunto de relaciones espaciales entre los distintos elementos del mismo (McGarigal y Marks, 1995) o más concretamente a la distribución de los flujos de energía materiales y especies en relación con los tamaños, formas, números, clases y configuraciones de los ecosistemas (Forman y Godron, 1986) o usos y ocupaciones del suelo, en una concepción más amplia. Para realizar el estudio de los paisajes, Forman y Godron (1986)¹⁵ proponen un conjunto de elementos comunes a través de los cuales se pueden analizar todos los paisajes existentes, por muy diversos que estos sean (Forman, 1995). Estos elementos pueden ser considerados análogos a los que el urbanista Kevin Lynch señaló como los elementos que componen las ciudades a ojos del ciudadano. Así, mientras para Lynch (1960) los ciudadanos reconocen las ciudades y se forman mapas mentales de las mismas a través de cinco elementos básicos, que son el Distrito o barrio, los bordes o barreras, las calles o carreteras, las intersecciones o nodos y los hitos o lugares singulares (Figura 2-10); para Forman y Godron (1986) los paisajes estarían generalmente formados por tres elementos básicos los cuales son la matriz, las teselas o manchas y los corredores:

¹⁵ Estableciendo el modelo básico de la ecología del paisaje universalmente aceptado.

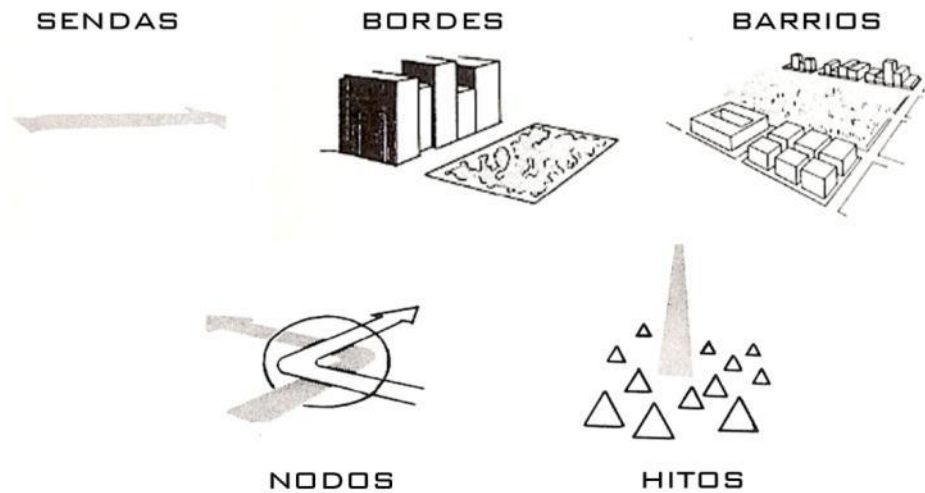


Figura 2-10: Los elementos básicos señalados por Lynch (Fuente: Lynch, 1960)

- *Matriz*: Se entiende por matriz al elemento dominante de un paisaje (Burel y Baudry, 2000), aquel que representa la mayor superficie y que domina la mayor parte de las dinámicas del mismo (Forman y Godron, 1986; Forman, 1995). En el caso de la Figura 2-11 se puede observar como el cultivo de regadío constituye la matriz del paisaje en las proximidades del núcleo de Fuente Vaqueros, en las cercanías del río Genil, por ser el uso dominante frente a los demás.

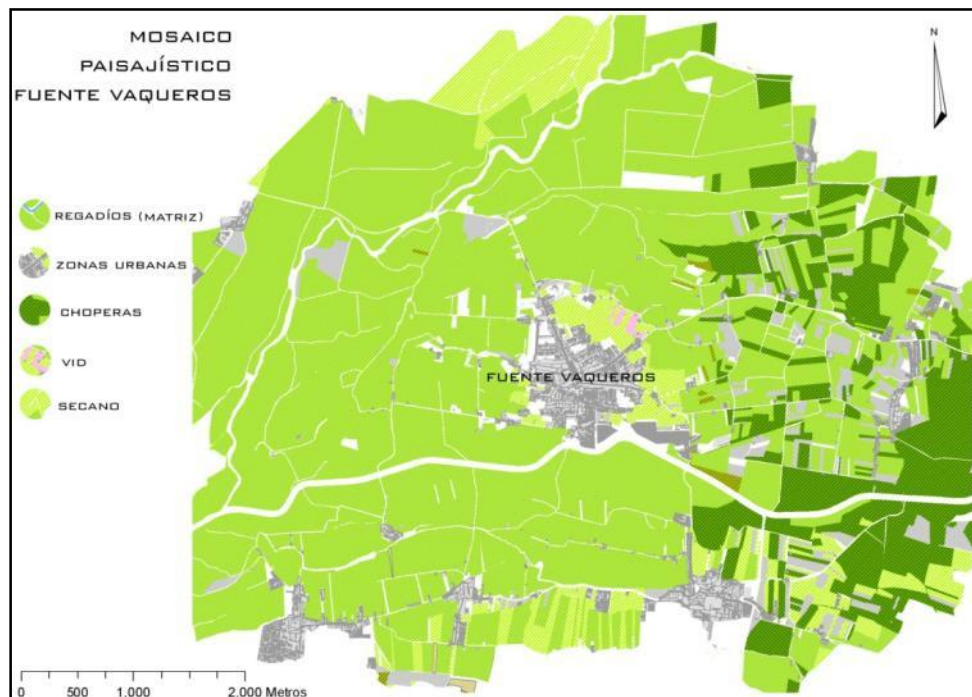


Figura 2-11: El Mosaico paisajístico para el sector Occidental del área de estudio, en el entorno del núcleo de Fuente Vaqueros.

- *Mancha o Tesela*: Las manchas o teselas¹⁶ pueden ser definidas como un área relativamente homogénea más o menos amplia con unas características diferenciadas de su entorno. En un primer lugar, los ecólogos consideraban a estas teselas como islas, de acuerdo a la teoría biogeográfica de islas (Dramstad *et al*, 1995). Sin embargo esta idea fue abandonada debido a que el grado de aislamiento que presenta una mancha terrestre rodeada de una matriz agrícola o de desarrollo suburbano es siempre menor que el de una isla en el océano. Existen diferentes tipos de manchas, en función del ecosistema que contienen. Así podemos encontrar teselas suburbanas, de bosque, de zonas agrícolas, etc... Continuando con el ejemplo de la Figura 2-11, además de la matriz del uso regadío, podemos encontrar manchas o teselas de diferentes usos como por ejemplo el uso chopera o urbano.
- *Corredores*, o elementos lineales (Burel y Baudry, 2000), que pueden ser definidos como bandas diferenciadas de su entorno, y que pueden tener un origen tanto natural como antrópico (Forman, 1995). Mientras que los de origen natural, como un río por ejemplo, suelen tener una forma curvilínea y sinuosa, aquéllos de origen antrópico presentan unas formas mucho menos sinuosas, como por ejemplo una carretera

Un ejemplo de corredor seminatural para el ámbito de trabajo de la AUG queda recogido en la Figura 2-12, que, muestra el corredor constituido por el río Genil a su paso por las localidades de Atarfe y Santa Fé, que con motivo de la acción humana ve reforzado su carácter de corredor debido al establecimiento de cultivos silvícolas de chopo en su ribera (*Populus alba*)

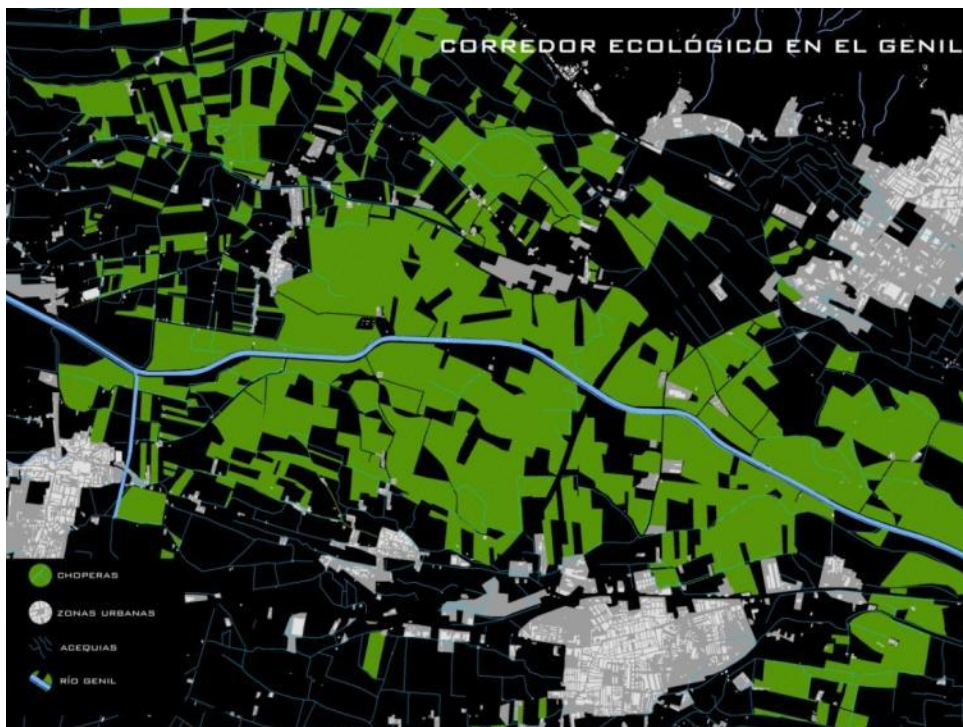


Figura 2-12: Corredor formado por el río Genil y los cultivos de chopera en su entorno

Finalmente cabe señalar que el mosaico paisajístico queda constituido por la suma de los anteriores elementos (teselas, matriz y corredores) (Forman, 1995).

¹⁶ En este trabajo se emplean indistintamente el término de *mancha* o *tesela* para referirse al término anglosajón "Patch", debido a que en las referencias en español se ha traducido indistintamente por cualquiera de estos términos

A partir de este conjunto de unidades básicas de composición de los paisajes, se pueden establecer varias propiedades de la estructura de los mosaicos paisajísticos a estudiar. Así por ejemplo, la composición hace referencia a la presencia y cantidad de manchas o teselas de cada tipo presentes en el paisaje. Se trata de la variedad y abundancia de las mismas, de "qué y cuánto está presente" (Turner, 2005). Uno de los hechos importantes a destacar llegado este punto, es que dicha composición como propiedad puede ser medida o cuantificada, a través de un conjunto de índices o métricas espaciales (McGarigal y Marks, 1995). Esta cuantificación de la estructura del paisaje es además esencial para monitorizar las consecuencias ecológicas de procesos o dinámicas que tienen lugar en el mismo, como por ejemplo los procesos de urbanización (Zhang, Wu, Zhen y Shub, 2004). Este conjunto de métricas espaciales incluyen medidas de la proporción de cada tipo de manchas en el paisaje, la riqueza de cada tipo, la diversidad de teselas, dominancia, etc. Por tanto se trata de un conjunto de características no espaciales (Botequilha y Ahern, 2000). Existen múltiples posibilidades de determinar la composición de los paisajes, por lo que deben ser seleccionadas las métricas que van a emplearse para ello. En Botequilha y Ahern (2002) así como en Botequilha *et al* (2006) existe una selección muy interesante de métricas de análisis espacial apropiadas para un correcto entendimiento de los paisajes, así como por adecuadas para su incorporación en el proceso de planificación.

Por otra parte, la configuración del paisaje, se refiere a las características espaciales de los distintos usos y coberturas presentes en el territorio (Botequilha y Ahern, 2002), o también a la distribución espacial de las manchas en un paisaje determinado (McGarigal y Marks, 1995). Al igual que en el caso de la composición, también se puede cuantificar, a través de multitud de índices y métricas disponibles y que han sido ampliamente discutidas en la bibliografía.

2.5.2.2 LAS MÉTRICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS PAISAJES.

La estructura del paisaje y las propiedades de composición y configuración pueden ser cuantificadas a través de un conjunto de métricas o índices de análisis espacial. Ejemplos del tipo de información que nos pueden aportar estas métricas son por ejemplo, la proporción en % que existe de un determinado uso en un paisaje, la forma o elongación de las manchas de cada uso, o los tamaños medios de cada tesela de un paisaje¹⁷.

Sin embargo esta información aportada únicamente consiste en un conjunto de valores numéricos, que por sí solos, es decir, en términos absolutos, no tienen un valor determinante. No obstante, presentan un importante valor y utilidad a la hora de plantear la comparación de diferentes escenarios o de configuraciones de un mismo paisaje, o bien evaluar los cambios que tienen lugar en el mismo.

¹⁷ Las métricas se pueden obtener en 3 niveles de agregación: mancha, de clase (tipo de uso), o del paisaje al completo. Las métricas agregadas *nivel de mancha*, determinan las características individuales de cada una de las teselas que constituyen el paisaje, como el tamaño, la forma, etc, obteniendo un único valor para cada una de dichas teselas (McGarigal y Marks, 1995). A *nivel de clase*, es decir, a nivel del conjunto de manchas del mismo tipo de uso, los resultados de cada métrica nos muestran un único valor numérico para cada clase (o uso si se prefiere) con características como la superficie total, el tamaño medio de manchas, la distancia media al vecino más próximo, el nivel de fragmentación, etc (Botequilha *et al*, 2006). Por último *el nivel de paisaje* cuantifica métricas agregadas para el conjunto general del mosaico paisajístico, de tal modo que obtenemos un único valor de cada métrica para un determinado paisaje. Obviamente las agregaciones a nivel de clase y paisajes se obtienen a partir del tratamiento mediante suma, media, etc de las métricas a nivel de mancha.

Para poder ser obtenidos estos índices o métricas, requieren en primera instancia de una cartografía en la que se recojan con el suficiente detalle los distintos usos del suelo existentes en el paisaje. Este hecho nos lleva a uno de los temas centrales en las discusiones de la ecología del paisaje, que no es otro que el de la cuestión de la escala. Cualquier patrón o forma que se pueda detectar y medir en un paisaje a través de las métricas, dependerá fundamentalmente de la escala que empleemos en nuestra aproximación (Forman y Godron, 1986; McGarigal y Marks, 1995; Turner, 2005). Por tanto, resulta de vital importancia la escala a la que se genera la cartografía base, ya que motivará por ejemplo que ciertas manchas aparezcan o no en dicha cartografía. Esta cuestión escalar puede condicionar enormemente los resultados obtenidos en las métricas (Turner, 2005) y por ello resulta fundamental emplear una escala de trabajo adecuada para el ámbito o paisaje en cuestión, así como una escala similar para comparar métricas (McGarigal y Marks, 1995).

Un instrumento muy útil para el cálculo de estas métricas es el software FRAGSTATS, de la Universidad Amherst de Massachusetts, disponible en la web <http://www.umass.edu/landeco/index.html>, y elaborado por McGarigal y Marks (1995)¹⁸. Gracias a él, se puede realizar el cálculo de un amplio conjunto de métricas de este tipo.

Las métricas de análisis de la ecología del paisaje jugarán un papel muy importante en la valoración de los cambios en el paisaje urbano en este trabajo (capítulo 8) permitiendo explorar las características espaciales de posibles crecimientos que tengan lugar. En el ámbito de los paisajes urbanos el empleo de estos índices no están tan extendido como en los ámbitos naturales o agrícolas (ver Bettini *et al*, 2001; Kong, Yin y Nakagoshi, 2007 entre muchos otros), aunque sin embargo existen trabajos relevantes en la materia que serán referencias básicas para su aplicación (Herold, Goldstein, y Clarke, 2003; Berling-Wolf y Wu, 2004b; Herold, Couclelis, y Clarke, 2005; Li, Yang y Liu, X, 2008), y sobre los que se apoyarán los análisis propuestos.

2.5.2.3 LA FUNCIÓN DEL PAISAJE

El segundo de los principales puntos de interés de la ecología del paisaje hace referencia a los procesos y funciones que las estructuras paisajísticas mantienen en el territorio. Desde un primer momento, y sin ser necesario recurrir a la mirada de la ecología del paisaje, se puede indicar que las funciones de los paisajes que pueden concebirse son muy variadas, variando por su puesto en función del tipo de paisaje del que se trate. En el ejemplo de un paisaje con una importante componente agraria, como es mayoritariamente de la AUG, aparte de su obvia función principal de producción agrícola, existen otras importantes funciones, como por ejemplo aquellas que permiten la infiltración, los usos de recreo, el ser reservorio de biodiversidad, etc. Este hecho estaría en estrecha relación con el término multifuncionalidad (Fry, 2002), muy presente actualmente en el debate acerca de las zonas agrarias periurbanas.

¹⁸ Este software opera a partir de capas categóricas en formato raster generadas a partir de la cartografía de usos del suelo. Según sus propios autores, FRAGSTATS es "un software de análisis de patrones espaciales para cuantificar la estructura del paisaje", que ha sido ampliamente empleado en estudios de paisajes agrarios, naturales e incluso urbanos y suburbanos. De esta forma se puede obtener un conjunto de índices de cuantificación de la estructura de los paisajes atendiendo a sus características espaciales, como instrumento de valoración de su cambio.

Sin embargo, ya desde la perspectiva de la ecología del paisaje, una de las funciones más importantes que los paisajes llevan a cabo, es el mantenimiento de los procesos ecológicos que en ellos tienen lugar, siendo tales *procesos*, como ya señalara McHarg (1967) *valores* del propio paisaje. Estos procesos ecológicos pueden ser muchos y muy complejos. En cualquier caso, es premisa básica de la ecología del paisaje el hecho de destacar que estas funciones de mantenimiento de los procesos ecológicos están estrechamente relacionados y condicionados por la propia estructura del paisaje existente (Consejería de Medio Ambiente, 2002). Si existe un proceso ejemplar en el que observar la relación entre estructura y función del paisaje, ese es el ejemplo de la conectividad ecológica (Botequilha *et al*, 2006) del paisaje.

Aparte de resumir perfectamente la relación entre forma y función, la conectividad, es uno de los conceptos básicos de la ecología del paisaje (Burel y Baudry, 2000), ya que hace referencia al grado en el que el paisaje facilita o impide los flujos ecológicos (McGarigal y Marks, 1995) o de energía, materiales, nutrientes, especies y personas (Botequilha *et al*, 2006). Para Forman (1995), la conectividad se puede entender como el inverso de la *resistencia* del paisaje. Burel y Baudry (2000) definen el concepto en términos de la posibilidad de que un individuo de una especie determinada pueda “pasar” de una mancha a otra, mientras que para Noss (1999), [citado en Consejería de Medio ambiente, 2002] el término conectividad integra los conceptos de *corredor* y *barrera*, siendo los primeros las estructuras que facilitan los movimientos a través del paisaje y los segundos los que generan interrupciones de los flujos ecológicos.

Al igual que la estructura del paisaje podía ser valorada a través de un conjunto de métricas de análisis espacial, resulta de igual interés el empleo de herramientas que permitan determinar propiedades como la conectividad de los paisajes (Marull y Mallarach, 2002, 2005), siendo la mayor parte de ellas una herramienta innovadora (Sastre, De Lucio y Martínez, 2002).

En este sentido, los instrumentos de valoración de la conectividad tendrán igualmente una gran importancia en el desarrollo de este trabajo, los cuales permitirán valorar las consecuencias sobre los paisajes agrarios de diferentes formas o patrones de ocupación urbana (Capítulo 9) En dicho capítulo se discutirán igualmente las diferentes aproximaciones teóricas para su estudio, así como algunos de los trabajos más relevantes en la materia.

2.5.2.4 EL CAMBIO EN EL PAISAJE

El cambio o dinámica de los paisajes es el tercero de los puntos de interés de la ecología del paisaje (Turner *et al*, 2001; Botequilha *et al*, 2006), ya que bien ocasionado por causas natural o bien inducido por la acción humana, los cambios son inherentes a los paisajes (Forman, 1995; Burel y Baudry, 2002). Este concepto puede ser entendido como la alteración de la estructura y la función del mosaico paisajístico a lo largo del tiempo (Forman y Godron, 1986) existiendo múltiples procesos, antrópicos y naturales que ocasionan dicha alteración.

La incorporación de la escala temporal en los análisis de la ecología del paisaje es pues necesaria para evitar caer en una abstracción estática simplificadora (Español Echániz, 2006), de tal modo que mediante la incorporación de la variable temporal es cuando mayor valor cobran los análisis de la estructura de los paisajes, pudiendo entonces entenderse los cambios en la estructura y función como parte de un proceso en el que los paisajes se encuentran inmersos. Forman (1995) identifica un conjunto de procesos “tipo” que tienen lugar en la transformación de los paisajes (Figura 2-13)

Spatial processes	Patch number	Average patch size ¹	Total interior habitat ²	Connectivity across area ³	Total boundary length ⁴	Habitat	
						Loss	Isolation
Perforation	0	-	-	0	+	+	+
Dissection	+	-	-	-	+	+	+
Fragmentation	+	-	-	-	+	+	+
Shrinkage	0	-	-	0	-	+	+
Attrition	-	+	-	0	-	+	+

Figura 2-13: Los procesos de transformación del paisaje se reflejan en la estructura del mismo, y por tanto pueden ser recogidos por los valores de las métricas de análisis espacial, como por ejemplo, a través de los tamaños medios de las teselas (Fuente: Forman, 1995)

Desde esta perspectiva, a través de la valoración de los cambios en la estructura (Figura 2-14) y función del paisaje es posible detectar los procesos que tienen lugar en el paisaje como consecuencia de ciertas actuaciones o intervenciones en el mismo, que pueden venir tanto de la mano del hombre como de causas naturales. Esta visión dinámica ha intentado ser incorporada en este trabajo, especialmente cuando se lleve a cabo la valoración de los escenarios del paisaje urbano que serán generados (Capítulo 9) así como el estudio del cambio en los paisajes agrícolas (Capítulo 6)

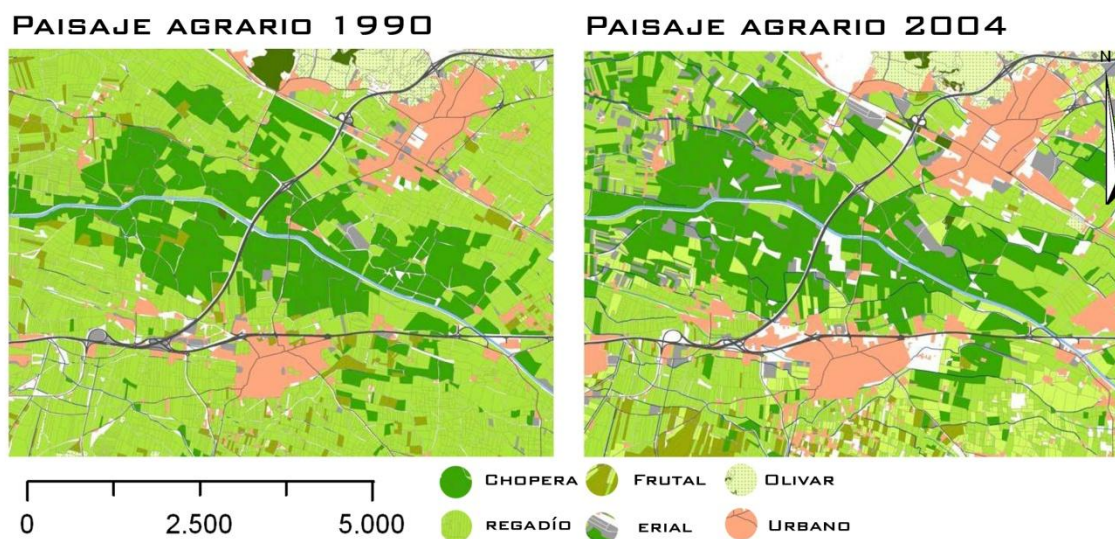


Figura 2-14: Cambio en el área central de las zonas agrícolas del paisaje agrario de la AUG

2.5.3 LOS SIG: UNA HERRAMIENTA BÁSICA PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO

Los sistemas de información geográfica (SIG), con un vertiginoso desarrollo en el campo de la geografía, y con una presencia en incesante crecimiento en múltiples campos como el de la planificación, gestión ambiental, marketing, transportes, etc (Gutiérrez 1994, Rodríguez, 2001), constituyen igualmente una de las más importantes herramientas que se han empleado en esta tesis, junto con aquellas de la ecología del paisaje. Gracias al empleo de los SIG se ha podido abordar con éxito el tratamiento, creación y análisis de la información geográfica, producción cartográfica y modelización de dinámicas tan complejas como la urbana. Si la planificación y su vertiente más ambiental junto con la ecología del

paisaje forman parte del cuerpo epistemológico del que surge este trabajo, los SIG son la herramienta fundamental que ha permitido la implementación de los conceptos, enfoques, que de ellas se derivan.

Merece la pena por tanto mostrar brevemente el contexto teórico-histórico de los SIG en el que se desarrolla este trabajo, así como detenerse en identificar aquellos diferentes análisis que se han realizado en el trabajo gracias a su empleo.

Los SIG son una herramienta que nace en parte gracias a la revolución de los métodos cuantitativos en la geografía en los años 60 (Gutiérrez y Gould, 1994), y gracias entre otros a Berry (1964) y a su matriz geográfica. En ella se conectaban diferentes unidades espaciales (por ejemplo municipios) en columnas, con atributos temáticos (filas). Posteriormente sería modificada para incluir la variable temporal, constituyendo conceptualmente un claro antecedente de los SIG, aunque no almacenase expresamente la localización de los diferentes lugares.

No menos importancia presentan los trabajos de McHarg (1967), que supusieron igualmente todo un antecedente conceptual de los SIG, a través de una descomposición de la realidad en capas, similar a la que los SIG realizan hoy día, dando lugar a diferentes mapas temáticos que se podían reclasificar, superponer, etc.

A partir de estos antecedentes teóricos, los SIG han evolucionado hacia complejas herramientas o instrumentos, para los cuales existen múltiples definiciones igualmente válidas. Partiendo de la base de que los SIG en esta tesis constituyen un instrumento, de importante relevancia en cualquier caso, desde este enfoque se puede definir los SIG de forma sencilla, de acuerdo con Bonham-Carter (1994), como un "sistema informático para manejar información espacial". Una definición más exhaustiva y ya clásica es la del NCGIA (National Centre for Geographic Information and Analysis) de EEUU: "Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (NCGIA, 1990). En esta definición se trata de recoger todos los aspectos realizables por los SIG, desde la obtención y generación de los datos geográficos, hasta la generación de cartografías, pasando por los análisis y modelización. Y todo ello en el marco de la resolución de un problema de planificación complejo, como es el planteado en la hipótesis de este trabajo.

Otras definiciones más sencillas pueden ser la planteada por Cebrián (1988) "...base de datos computerizada que contiene información espacial" o por Chuvieco (1997) "programas que almacenan, gestionan, manipulan y representan gráficamente datos con algún tipo de componente espacial".

En cualquier caso, en la mayor parte de las definiciones que se pueden encontrar de los SIG, juegan un papel fundamental los datos geográficos, ya sea bajo este término, o bajo el de información espacial, geográfica, etc. Por ello se puede afirmar que los datos geográficos son especialmente importantes en el campo de los SIG¹⁹, siendo una cuestión de extrema importancia lo referente a la calidad de dichos datos (Gutiérrez, y Gould, 1994), que condicionará en gran medida los resultados generados a través de los diferentes análisis (Gómez y Bosque, 2004; Gómez y Barredo, 2005).

Los diferentes datos geográficos son representados en los SIG a través de dos aproximaciones o modelos de datos (Bosque, 1992; Moreno, 2006), entendidos estos como simplificaciones de las diferentes entidades del mundo real que permitan su incorporación en un sistema informático (Valenzuela, Molero y Aguilera, 2006). Estos modelos son el modelo raster y el vectorial. En este trabajo

¹⁹ Una descripción exhaustiva de los datos geográficos y su naturaleza puede encontrarse en Gutiérrez y Gould (1994).

datos geográficos representados en ambos modelos de datos, tanto raster o vectorial, han sido manejados indistintamente, en ocasiones como consecuencia de la necesidad de empleo de diferentes software SIG para diversas tareas específicas. Una pequeña descripción de ambos modelos de datos se esboza a continuación:

El modelo de datos vectorial se caracteriza por representar las entidades espaciales de manera explícita, codificando las coordenadas de los vértices que forman los límites de las mismas. Por el contrario el modelo de datos raster las representa de forma implícita, empleando una codificación indirecta a través de una teselación regular (Figura 2-15) (Bosque *et al*, 1988; Bosque, 1992; Valenzuela, Molero y Aguilera, 2007)

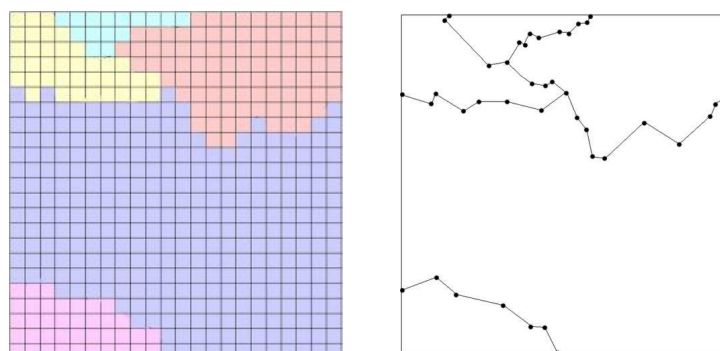


Figura 2-15: Modelo de datos raster y vectorial (Fuente: Valenzuela, Molero y Aguilera, 2007)

En lo que respecta a las principales tareas realizadas con los SIG en el marco del trabajo presentado, la primera y uno de las más relevantes, ha estado constituida por el proceso de creación de la base de datos (Bosque, 1992). Ésta ha sido generada en formato vectorial mediante el software ArcGIS 9.2, uno de los software SIG más extendidos por su capacidad de análisis, de salida cartográfica, y su capacidad para gestionar información tanto en formato raster como vectorial (Esri, 2008a). Esta base de datos se ha implementado mediante el nuevo modelo de datos de este software, el modelo GEODATABASE (Esri, 2008b), que permite la creación de topología, creación de redes, etc. De este proceso de creación de la base de datos, destaca fundamentalmente el proceso de generación de la cartografía de crecimiento del suelo ocupado (capítulo 3) a través de la digitalización de las fuentes básicas, así como la cartografía del parcelario agrícola aparente (capítulo 6).

Una vez generada dicha base de datos, y a través del empleo tanto de las citadas cartografías como de otras disponibles e igualmente ingresadas en la base de datos²⁰, se ha procedido a la realización de los análisis propios del proceso metodológico de la tesis, los cuales han requerido tanto el manejo de los datos en formato vectorial, como su conversión a formato raster, a través del módulo raster presente en ArcGIS. Ejemplos de estas operaciones raster son los cálculos de accesibilidad y su variación en el período temporal considerado abordada en el capítulo 4 o los análisis de la conectividad ecológica (capítulo 8), los cuales han necesitado del empleo de superficies de fricción o superficies de costes, características de los análisis de distancias ponderadas propios de los SIG raster (Bosque, 1992).

Por su parte, para todos aquellos análisis de cambios en los usos del suelo en el paisaje agrario, así como las operaciones en relación con el modelo de simulación basado en autómatas celulares desarrollado en el capítulo 7, y que requerían necesariamente de un entorno de trabajo raster, ha sido requerido el empleo del software IDRISI Kilimanjaro, por su mayor capacidad de análisis en este formato.

²⁰ Fundamentalmente cartografía perteneciente al ámbito de estudio de la AUG generada por la diputación de Granada así como por el ICA para toda Andalucía.

Las métricas de análisis espacial en relación con la ecología del paisaje han sido obtenidas con el software FRAGSTATS, que ha requerido igualmente de información en formato raster, que generalmente ha sido ingresada como resultado de las operaciones realizadas con IDRISI.

Y finalmente se puede decir que una importante tarea igualmente desarrollada con los SIG ha sido la de la producción cartográfica de diferentes escalas y sub-ámbitos y del conjunto de todos los resultados del trabajo. La multiescalaridad planteada anteriormente como una de las características de los trabajos territoriales se ha podido lograr gracias al empleo de las herramientas SIG.

A modo de resumen, la Tabla 2-4 muestra de forma sintética las diferentes tareas y análisis que se han realizado en la tesis gracias a los SIG.

ANÁLISIS Y TAREAS REALIZADAS MEDIANTE SIG EN LA TESIS	
Modelo de datos	Herramientas y Análisis
Modelo Raster	Accesibilidad y superficies de costes de movimiento
	Conectividad ecológica y superficies de fricción asociadas
	Cambios en los usos del suelo mediante tabulación cruzada.
	Métricas de la ecología del paisaje
	Correlación de variables con la ocupación de suelo.
	Implementación del modelo de simulación del crecimiento urbano
Modelo Vectorial	Creación de la base de datos
	Cartografiado de ocupación urbana, infraestructuras viarias y zonas agrícolas
	Estimación de superficies de ocupación de suelo
	Relación ocupación urbana vs viario
	Saturación de nodos de las infraestructuras viarias

Tabla 2-4: Análisis realizados con SIG con cada uno de los dos modelos de datos

2.5.4 MODELOS DE SIMULACIÓN Y SU APLICACIÓN A FENÓMENOS URBANOS. UN LABORATORIO DE EXPLORACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.

La última de las disciplinas que forman parte del apartado teórico del trabajo la constituyen los modelos de simulación y su aplicación a entornos urbanos. Se trata de un campo de desarrollo relativamente reciente (Wegener, 1994), y que ha experimentado además un importante cambio de paradigma en el ámbito de la planificación urbana y regional, pasando desde el enfoque finalista que veía a los modelos como método para encontrar la solución a los problemas urbanos, allá por los años 60 y 70; hasta un nuevo enfoque prospectivo, en el que el objetivo es el de la generación de escenarios y disminución de la incertidumbre en los procesos de planificación (Prato, 2007), con la nueva ola de modelos denominada Geosimulación (Benenson y Torrens, 2005)

En este contexto reciente es en el que se enmarca el empleo de los modelos en este trabajo, puesto que el valor prospectivo de los mismos, que no finalista, puede ser aplicado para abordar la simulación de escenarios futuros, y para que las distintas alternativas puedan ser valoradas con instrumentos por ejemplo como los propuestos en esta tesis. Así pues, el hecho de generar un abanico de escenarios futuros de ocupación urbana podría ser un excelente laboratorio de pruebas para las herramientas de

valoración de los paisajes urbanos y agrícolas, además de permitir identificar aquellas tendencias más o menos deseables.

Es recomendable, comentado el contexto en el que se enmarcan los modelos de simulación en este trabajo, realizar un breve recogido histórico por el conjunto de modelos de simulación urbana desarrollados a lo largo del siglo XX, con objeto de mostrar el desarrollo de las innovaciones teóricas y prácticas que se han ido introduciendo hasta el desarrollo de modelos como el presentado en este trabajo.

Para comenzar dicho recorrido, es necesario en primer lugar plantearse una definición para el término "modelos de simulación urbana". Para ello resulta obvio que previamente es necesario conocer el concepto de "modelo", para lo que es muy sencillo acudir al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Según éste, entendemos por modelo "*un esquema teórico generalmente en forma matemática de un sistema o realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento*". A pesar de tratarse de una definición muy amplia y que no "entra en detalles", se puede resaltar de ella una cuestión cardinal, que no es otra que el *propósito* de los modelos. De acuerdo con la definición anterior, se puede decir que los modelos se generan para facilitar el estudio de dinámicas, y procesos complejos, y arrojar luces sobre sombras que son objeto de nuestro interés. Esta primera y sencilla definición establece perfectamente el propósito y la orientación de los esfuerzos que en esta materia se han vertido en este trabajo.

De una manera un tanto más formal,²¹ se puede definir un modelo como "una representación de nuestro nivel de conocimiento de una determinada situación concreta real" (Reif, 1973), o como "una copia a escala reducida del mundo, una aplicación experimental basada en una teoría" (Bailly, 1978). De esta forma, se puede señalar que los resultados del modelo son los resultados no de la realidad, sino los de la teoría de la que el modelo se deriva.

Ahondando en el concepto de modelo, y ya en referencia a los modelos que se ocupan de los fenómenos urbanos, se puede decir que dichos modelos presentan algunas dificultades añadidas con respecto a aquellos que se ocupan de la modelización de procesos naturales. No en vano, los fenómenos urbanos son extremadamente complejos (Batty y Longley, 1997, Frankhauser, 1998; Salingaros, 2005) y por ello los modelos que abordan su estudio tienen mayores obstáculos que salvar a la hora de comprender las dinámicas y procesos subyacentes. Este hecho es bien planteado por Cecchini (1997), que detalla la dificultad de modelización de los sistemas sociales, tales como los urbanos, de la misma forma que lo hacía en el campo de la ciencia ficción Isaac Asimov en su conocida saga de ciencia ficción "Fundación" (Asimov, 1961), en la que se muestran los problemas de la modelización y la comprensión de fenómenos como la sociología o la historia.

A pesar de estas dificultades añadidas, los modelos de simulación han sido una herramienta importante en el campo del planeamiento urbano del siglo XX (Batty, 1994). Así, en los años 60 se depositaron grandes esperanzas en el desarrollo de los modelos de gran escala en el ámbito de la planificación de los usos del suelo y del transporte. Sin embargo, muchas de estas esperanzas terminaron frustradas en los años 70 con la crisis de dichos modelos, tras el conocido "Requiem" de Lee (1973). No obstante, y como más adelante se detallará, en los últimos años han surgido nuevas herramientas y nuevos enfoques en la simulación de procesos urbanos, lo que ha generado una "nueva ola" de la simulación urbana (Benenson y Torrens, 2005). Ahora las esperanzas no están depositadas en estos modelos como los

²¹ Otra definición interesante es la aportada por Cebrián (1994): un modelo sería "Un rompecabezas que recuerda, explica, simula,... la realidad, siempre mucho más compleja que él, siempre de dimensiones más reducidas".

instrumentos para la resolución de los problemas urbanos, sino en su capacidad como herramientas que pueden ayudar a tomar las decisiones más correctas, o a disminuir la incertidumbre en los procesos de planeamiento en la medida de lo posible (Prato, 2007)

A continuación se presenta un breve recorrido por las distintas etapas que la modelización urbana ha atravesado, desde sus comienzos en los años 50-60 del siglo XX, pasando por las duras críticas recibidas por los modelos de gran escala en los 70, hasta llegar a los nuevos modelos de simulación surgidos del paradigma de la complejidad y los instrumentos como los multiagentes y los autómatas celulares. Se presentan así los modelos más importantes desarrollados en los que se destacarán las principales aportaciones de los mismos a los instrumentos actuales.

2.5.4.1 EL COMIENZO DE LOS MODELOS URBANOS (1950-1973)

Se puede situar el surgimiento de los modelos de simulación urbana allá por los años 50 (Batty, 1997), aunque para Briassoulis (2000) los fundamentos teóricos pueden encontrarse años antes en trabajos como la teoría de los lugares centrales de Christaller (1933) y las modificaciones de Lösch (1939) que ya comenzaron a influir de forma directa o indirecta en el estudio de los cambios en los usos del suelo, y en la búsqueda de patrones o tendencias en los mismos.

En esta época de mitad de siglo (años 50-60), será la introducción de los computadores uno de los hechos que comenzará a generar una auténtica revolución en el desarrollo de estos modelos, al incrementarse enormemente la capacidad de análisis y cómputo existente hasta entonces (Berling-Wolff y Wu, 2004a). Algunos modelos importantes se comenzarán a desarrollar en este período, siendo algunos especialmente relevantes, como por ejemplo el modelo de difusión de Hägerstrand, los modelos gravitacionales, o el modelo de Lowry, que ha seguido siendo empleado (de forma adaptada) muchos años después de su formulación.

El modelo de del geógrafo sueco Hägerstrand (1967), pionero en la representación de los procesos de difusión espacial, (Hagget, 1983), surgió con el objeto de describir los procesos de difusión territorial de las innovaciones introducidas en la agricultura en un determinado territorio. Para ello, se lleva a cabo una división del territorio, estableciendo un espacio cuadriculado uniforme de 25 casillas a las que se asignaban unas probabilidades de difusión del fenómeno en función de la distancia de una fuente hipotética²² (campo de información medio) (Figura 2-16), de tal modo que estos trabajos introducen la teselación regular propia de los SIG raster y de muchos de los modelos de simulación recientes basados en multiagentes o autómatas celulares, como los empleados en este trabajo.

²² Efecto "Distance-decay". Cuanto más alejada del centro de la innovación se encontraba la casilla, menor era la probabilidad de que se transmitiese la innovación, en relación con la "primera ley de la geografía" (las cosas más cercanas son más parecidas)

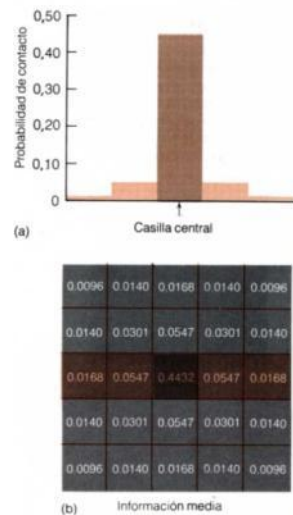


Figura 2-16: Campo de información medio, o probabilidad de difusión de un fenómeno en función de la distancia

Por su parte, los modelos gravitacionales asociados a la planificación del transporte y de los usos del suelo, serán los primeros modelos de estructura espacial urbana empleados (Reif, 1973). Reciben su nombre como consecuencia de estar basados en la teoría gravitatoria (Berling-Wolff y Wu, 2004a) de tal forma que establecían que la interacción entre dos puntos de concentración (ya sea de población, volumen de ventas,...) era inversamente proporcional a una función de la distancia entre dichos puntos (en la que se expresa la oposición a la relación entre los dos puntos, bien como tiempo, como coste, distancia, etc.) y directamente proporcional a las necesidades de demanda producidas por uno de los centros (por ejemplo, número de trabajadores que viven en una zona residencial) y a la capacidad de atracción del otro de los puntos (por ejemplo, número de puestos de trabajo).

El modelo de Lowry (1964), por su parte fue uno de los modelos más destacados en el contexto de la planificación de los usos del suelo. A partir de datos de empleo básico en una ciudad y su localización, el modelo era capaz de generar una simulación de metrópolis, a través de la asignación y localización espacial de las zonas residenciales de los trabajadores y las nuevas zonas de comercio y servicios que dichas zonas residenciales demandaban. En primer lugar, el modelo estimaba la población dependiente de los empleos básicos suministrados como dato de entrada, y distribuía las zonas residenciales dependientes de dicho empleo. Estas zonas residenciales a su vez generan unas demandas de empleo de servicios, de tal modo que el modelo asignaba nuevas zonas para ello. La principal aportación del trabajo radicaba en el proceso de localización de zonas residenciales y los servicios a través del denominado el *índice de distribución de viajes* (Figura 2-17). Mediante análisis empírico, Lowry descubrió que el número de viajes que se producían desde la residencia a los centros de trabajo y a los servicios estaban relacionados con la distancia a los mismos, de acuerdo con una función exponencial negativa. De esta forma, aplicando este índice, se podían situar las unidades de vivienda y servicios en función de la localización de los empleos básicos que eran aportados como dato al modelo

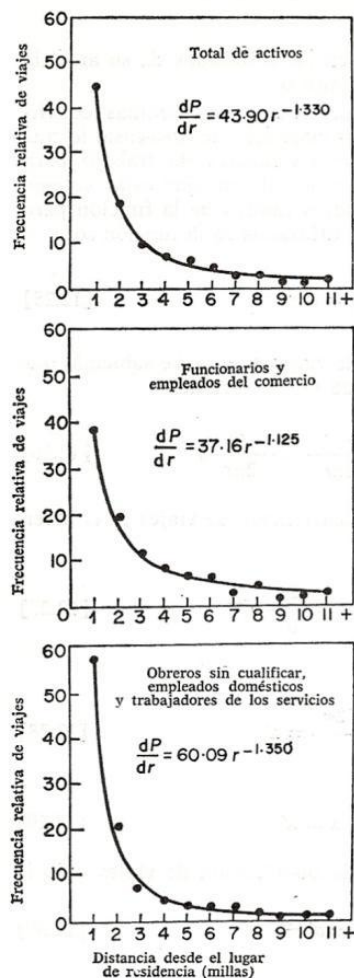


Figura 2-17: Índice de distribución de viajes en el modelo de Lowry.

Así pues este modelo aportaba un importante conocimiento acerca de relaciones espaciales entre diferentes usos del suelo, y especialmente en lo que respecta a los efectos de atracción entre ciertos usos, los cuales decaen con la distancia (Tobler, 1970), lo cual será una importante premisa en modelos aplicados actualmente, como el desarrollado en este trabajo (capítulo 7)

2.5.4.2 EL PERÍODO DE TRANSICIÓN EN LA MODELIZACIÓN URBANA (1973-1990)

Tras el fuerte desarrollo de los modelos regionales experimentado en los años 60, y a pesar de los importantes avances que se produjeron en el campo de la modelística y en el conocimiento de los procesos urbanos, era bien cierto que las expectativas depositadas en ellos en el ámbito de la planificación no se habían terminado de cumplir a principios de la siguiente década, lo que llevó a un abandono progresivo del interés por la materia (Lee, 1973; Berling-Wolff y Wu, 2004) a lo largo de los años setenta, convirtiéndose estos años en un período turbulento para la simulación urbana (Benenson y Torrens, 2006). Es precisamente Lee (1973), quien en su artículo "Requiem for Large-Scale Models" puso de manifiesto la crisis de los procesos de modelización surgidos en la década anterior, ya que ciertamente, los modelos de planificación del transporte y de los usos del suelo presentaban múltiples

problemáticas, que Lee resumió en “los 7 pecados de los modelos de gran escala” o modelos regionales. Algunos de estos grandes “pecados” eran:

- *Ultra-racionalismo*: Para Lee, los modelos se convierten en el máximo exponente de la planificación racionalista²³. Sin embargo, el afán de incluir más y más elementos a los modelos para eliminar la incertidumbre, acababa generando el efecto contrario, dado el desconocimiento de muchos aspectos de los procesos y estructuras urbanas.
- Escala de *escaso detalle*, lo que hacía que sus resultados no fuesen aplicables ni transferidos al proceso de planificación en muchas de sus escalas.
- Lee veía estos modelos como *insaciables*, en lo que al volumen de datos respecta, puesto que la cantidad de información que debían manejar era muy elevada, y sin embargo, no se conseguía obtener una descripción detallada del fenómeno a modelizar.
- Se trataba de modelos *excesivamente complicados*, lo que en ocasiones los convertía en “cajas negras”, que no ayudaban a comprender mejor los fenómenos urbanos, sino a mostrar un resultado a partir de aportar unos datos.
- Los modelos desarrollados eran *excesivamente costosos*, si tenemos en cuenta la disponibilidad de ordenadores que existía en aquella época, lo que situaba los costes en millones de USD de la época.

Este tipo de problemáticas existentes, generó un abandono progresivo del interés por la modelización de los procesos urbanos y de la financiación que recibían por parte de los gobiernos, instituciones, etc, aunque a pesar de las dificultades del momento, algunos centros de investigación siguieron desarrollando modelos de menor escala, como por ejemplo algunos basados en extensiones del modelo de Lowry (Berling-Wolff y Wu, 2004). Otros autores como Tobler (1970), empleando relativamente nuevas herramientas matemáticas como los autómatas celulares, continuaron explorando los procesos de simulación, iniciando el camino para que, a partir de los años 90 comenzase un nuevo auge de los procesos de simulación urbana.

2.5.4.3 LOS NUEVOS ENFOQUES Y HERRAMIENTAS (1990-ACTUALIDAD)

Tras la fuerte crisis y el progresivo abandono de los procesos de modelización de los años 70, en las décadas siguientes muchas de las críticas que habían suscitado los modelos, especialmente aquellas recogidas en los trabajos de Lee (1973) fueron debilitadas por los múltiples avances tecnológicos que tuvieron lugar en los campos del desarrollo de software, de la recopilación de datos gracias a técnicas como la teledetección, el inmenso desarrollo de la capacidad de cálculo de los ordenadores y la caída de precios de los mismos, etc. Así pues en los años 90, 20 años después del *Requiem* de Lee, el debate sobre los modelos de simulación urbana se reabre de nuevo con vigor. Algunos autores como Harris (1994)²⁴, crítico con las tesis de Lee, critican en este momento con dureza el *Requiem*, especialmente

²³ La planificación racionalista o urbanismo racionalista es una corriente del planeamiento cuyo principal instrumento es el *zoning*. Con ella, se pretende descomponer funcionalmente la ciudad, clasificar los usos del suelo presentes en ella y de otorgar a cada espacio determinado un uso o función concretos. Según esa corriente, el urbanismo estaría encargado de fijar para cada actividad humana el lugar más conveniente desde el punto de vista de su utilización y su funcionamiento, mediante la precisa delimitación sobre el terreno de las diferentes áreas.

²⁴ Gran parte de la discusión reflejada se corresponde con un volumen monográfico del *Journal of American Planning Association* en el que se lleva a cabo un debate por parte de los autores más importantes en la materia (entre ellos Lee y Harris) acerca de los modelos de simulación, la conveniencia de su uso y las principales aportaciones de las experiencias de la simulación.

por el hecho de no tener en cuenta que los ordenadores y la informática seguirían evolucionando tanto o más como lo hicieron en la década de los 60-70, hecho que desde luego ocurrió, lo cual rebatía muchos de los argumentos en contra de los modelos vertidos en su artículo. En cualquier caso, Lee (1994) y otro conjunto de autores seguían manteniendo muchos de sus planteamientos críticos y continuaba siendo muy escéptico con respecto a los modelos.

En cualquier caso, desde los años 90, la comunidad científica internacional apelaba por un incremento en la investigación en el campo de la modelización de los cambios de los usos del suelo (Pontius y Schneider, 2001) en un momento en el que, como señalaban Batty (1994) y Wegener (1994), la escena internacional mostraba múltiples grupos trabajando en el campo de la simulación, especialmente en el campo de la modelización de procesos dinámicos complejos, como son los sistemas urbanos (Verburg, Schot, Dijst y Veldkamp, 2004).

Muchos de estos trabajos estaban inspirados en los estudios de Tobler y su "geografía celular" (Tobler, 1970) que Helen Couclelis continuó desarrollando a partir de mitad de los 80, para posteriormente dar lugar a una nueva generación de modelos urbanos caracterizados por un nuevo paradigma, que algunos autores definirán años más tarde como *Geosimulación* (Benenson y Torrens, 2006). Este nuevo paradigma, que trata de modelizar fenómenos urbanos que tienen como denominador común la complejidad, el dinamismo, la autosimilaridad, etc (Batty y Longley, 1997) cambiará completamente el enfoque de los anteriores modelos regionales de los años 60, que presentaban un enfoque "de arriba a abajo" para centrarse en un enfoque "de abajo a arriba", en el que las relaciones entre pequeñas unidades (celdas o agentes) configuran el resultado global.

Las herramientas matemáticas que serán empleadas por los modelos que podemos enmarcar dentro de la corriente de la *geosimulación* incluyen fundamentalmente dos tipos de instrumentos: los autómatas celulares, diseñados por Von Neuman y Ulam (Torrens, 2000) surgidos allá por los años 40 y que John Conway (1970) puso en escena en el ámbito de la simulación gracias a sus trabajos de los 70; y los multiagentes (Benenson y Torrens, 2006). Ambos pertenecen al concepto más amplio de autómatas, entendido éste como un mecanismo de proceso cuyas características cambian en el tiempo en función de sus propias características, un conjunto de reglas (reglas de transición) y un input externo. Los autómatas procesan la información que les llega como input de su vecindad y sus características cambian de acuerdo con las reglas que gobiernan su comportamiento ante dichos inputs.

En este contexto se incluye el modelo desarrollado en este trabajo. Por ello, se ha considerado necesario abordar con mayor detalle las principales características de los Autómatas celulares, como herramienta de simulación, que además han sido ampliamente empleados en trabajos de simulación de dinámicas de diversa índole.

2.5.4.4 AUTÓMATAS CELULARES Y MODELIZACIÓN DE DINÁMICAS URBANAS.

Los autómatas celulares pese a su más o menos reciente empleo en modelos de simulación de fenómenos de diversa índole como la ocupación urbana (Batty, 1997; White, Engelen y Uljee, 1997; Barredo, Kasanko, McCormick y Lavalle, 2003), la segregación social (Benito y Hernández, 2007), o los incendios forestales (Karafyllidis y Thanailakis, 1997; Hernández, Hernández, Hoya, Martín y Rodríguez,

2007), son una herramienta matemática que vio la luz allá en los años 40 de la mano de los matemáticos John Von Neuman y Stanislaw Ulam, aunque la idea de Automata Celular pertenece a Alang Turing y su máquina universal (Torrens, 2000). Se pueden definir como un sistema dinámico formado por un conjunto de elementos sencillos idénticos entre sí, pero que en conjunto son capaces de demostrar comportamientos complejos (Wolfram, 1984).

Este sistema dinámico estaría compuesto de los siguientes elementos (Wolfram, 1984; Batty, 1997a; Torrens, 2000; White y Engelen, 2000):

1. El espacio en el que existe el autómata. En caso de que se trabaje en dos dimensiones, que será en la mayor parte de las ocasiones en el caso de la modelización de cambios urbanos, y al integrar los (AC) en un SIG; este espacio estará constituido por un plano bidimensional dividido en un número de subespacios homogéneos, conocidos como celdas. Cada celda contiene un autómata, que se encontrará rodeado de otros autómatas.

2. Un conjunto finito de estados en los que cada autómata (o lo que es lo mismo, cada celda) se puede encontrar. En el caso de su aplicación a fenómenos urbanos el conjunto finito de estados podía ser el conjunto de categorías de ocupación urbana que se distinguen, como por ejemplo residencial, industrial, equipamientos, viario, etc. En el caso de su aplicación a la modelización de incendios forestales, se podrían manejar por ejemplo tres categorías: quemado, ardiendo, y sin quemar.

3. Una definición de vecindad, es decir el conjunto de celdas que se establecen como vecindad de cada autómata. Ésta vecindad puede venir definida de dos formas estándar, la vecindad de Von Neuman y la vecindad de Moore. La vecindad de Moore comprende las 8 celdas adyacentes a la celda central más ella misma, mientras que la de Von Neuman incluye las 4 adyacentes más la central. A su vez, estas vecindades estándar pueden ser extendidas, como se observa en la Figura 2-18

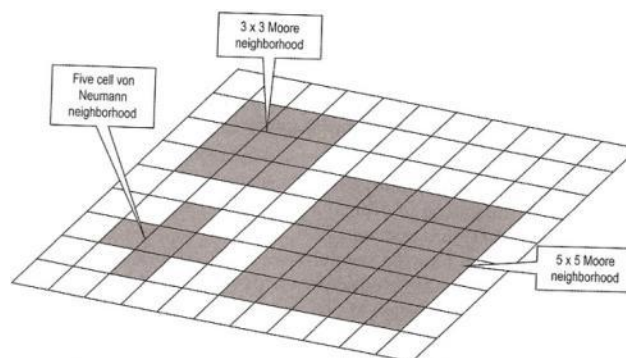


Figura 2-18: Las vecindades de Moore y Von Neumann clásicas (9 y 5 celdas respectivamente) pueden ser extendidas, de forma que no incluyan únicamente las celdas inmediatamente adyacentes, como es el caso de la vecindad de Moore de 5x5 (Fuente: Benenson y Torrens, 2006)

4. Un conjunto de reglas de transición que determinan los cambios de estado de cada celda en función de su estado inicial y de su vecindad. Las reglas de transición definen el estado del autómata (S_{t+1}) en el tiempo $t+1$ como función del estado S_t en el tiempo t y un input I_t igualmente en el tiempo t . El estado resultante dependerá del estado inicial S_t así como del input I_t , que se derivará de la vecindad del autómata en el tiempo t .

$$T: (S_t, I_t) \rightarrow S_{t+1}$$

Ecuación 2-1: Reglas de Transición

5. Finalmente es necesaria la existencia de una secuencia discreta de tiempos, en el que se aplican las reglas de evolución para cada celda, y su estado cambia o se mantiene, de acuerdo con la reglas de transición.

Es posible explicar de forma más sencilla estas características a través de un ejemplo sencillo que quizás constituye el caso más académico y conocido (Torrens, 2000) de los AC: El *Game of Life* de John Conway (1970). Este matemático inglés presentó en 1970 un trabajo en el que a partir de los fundamentos básicos de los AC, modelizaba, de la forma más sencilla posible, el nacimiento, la muerte y la supervivencia de una colonia de células (Batty, 1997).

El espacio en el que Conway trabajaba con sus autómatas era un espacio bidimensional (*característica 1*), en el que para cada autómatas únicamente eran posibles dos estados (2), el estado de célula viva y el de célula muerta. Para dichos autómatas Conway estableció un vecindad (3) de Moore de 8 celdas, y las siguientes reglas de transición (4) (Figura 2-19):

Si una celda está viva:

- Muere por aislamiento si a su alrededor hay menos de dos células vivas.
- Sobrevive si hay de 2 a 4 células a su alrededor
- Muere por superpoblación si hay más de 4 células a su alrededor.

Si una celda está muerta:

- Nace si hay exactamente 3 células vivas
- Permanece muerta en el resto de situaciones.

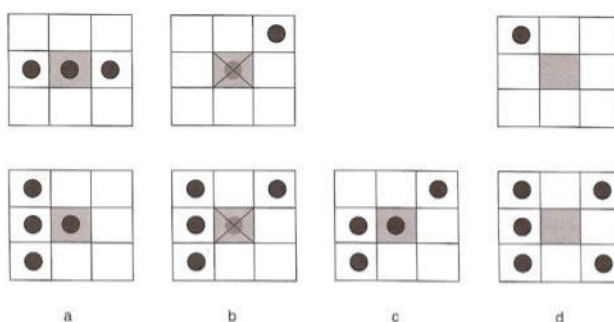


Figura 2-19: Las reglas de transición del *Game of Life* de Conway incluían 3 posibilidades de cambio principales: Nacimiento (a), Supervivencia (c) y Muerte (b). El resto de las situaciones implicaban que una celda permanecía sin vida (d) (Fuente: Benenson y Torrens, 2006)

Finalmente, a intervalos de tiempos discretos (5) que podríamos llamar iteraciones, se aplicaban las reglas de transición en función de la vecindad y del estado de la célula, dando lugar a un nuevo estado para cada una de ellas.

Los resultados obtenidos por Conway fueron asombrosos: A partir de un conjunto de reglas sencillas y de una situación inicial de partida, el modelo era capaz de generar patrones de elevada complejidad que eran realmente insospechables a partir de la configuración inicial de células vivas. Este hecho provocó que los AC emergieran como una herramienta para la representación de sistemas complejos y la investigación de sus dinámicas (Benenson y Torrens, 2006).

Los autómatas celulares saltaban así del campo teórico a la escena de la modelización geográfica, siendo uno de los pioneros Tobler (Batty, 1997b) con trabajos que culminarían en la publicación *Cellular Geography* (Tobler, 1979). Desde entonces, mucho se ha escrito acerca de la aplicabilidad de los AC a la modelización de procesos urbanos (Itami, 1994; Couclelis, 1997; Batty y Xie, 1997; O'Sullivan y Torrens, 2000, Benenson y Torrens, 2006) así como sobre la extensión y adaptación de los autómatas celulares a

dicho cometido (teselaciones irregulares, estados no discretos...) (Benenson y Torrens, 2006). En cualquier caso, parece que las ventajas de la aplicación de los AC a la simulación de dinámicas urbanas son elevadas, como recogen White y Engelen (2000) a través de los siguientes puntos:

- Son inherentemente espaciales, al estar típicamente definidos para una malla ráster, y se pueden compatibilizar con datos geográficos existentes e integrarse en un SIG.
- Son dinámicos y pueden representar procesos espaciales de forma directa
- Son adaptables a un amplio rango de situaciones
- Son simples, lo que equivale a una gran facilidad de cálculo
- Están basados en un conjunto de reglas sencillas, que pueden reflejar un elevado número de comportamientos espaciales
- A pesar de su simplicidad pueden exhibir comportamientos extraordinariamente ricos.

En cualquier caso y de forma sintética, se puede afirmar que el éxito de los modelos de simulación urbana basados en AC se debe a que son capaces de simular dinámicas espaciales reproduciendo los patrones espaciales complejos que muestran las ciudades, como señalan White, Engelen y Uljee (1997), Frankhauser (1998) o Salingeros (2005), para los cuales esta herramienta fue diseñada (Torrens, 2000; Barredo et al., 2003a, Herold *et al.*, 2003) y que además presentan la particularidad de reproducir dichos patrones estando compuestos de elementos sencillos (Wolfram, 1984; De Almeida, Batty, Vieira, Câmara, Silveira, Coutinho, Lopes, 2003). Por ello y como se debatirá a lo largo del capítulo 7, se ha optado por la elaboración de un modelo basado en AC para la simulación de escenarios futuros de crecimiento en el AUG, tomando como punto de partida los trabajos previos existentes en Aguilera (2006), Aguilera, Soria y Valenzuela (2006) y Valenzuela, Aguilera, Soria y Molero (2007).

2.5.4.5 LOS MODELOS DE SIMULACIÓN EN LA TESIS

Una vez que se han planteado las principales características y contexto teórico de los procesos de simulación urbana, conviene matizar el alcance que los modelos de simulación presentan en este trabajo. Así pues, a pesar de que la elaboración del modelo de simulación basado en AC y la generación de simulaciones supondrán una parte importante de las aportaciones de este trabajo, de acuerdo con la opinión del autor, dicho proceso no debe ser entendido como un fin en sí mismo, movido por la búsqueda de un modelo “predictivo” que consiga predecir de forma exacta cómo crecerá la ciudad, porque eso sería, como señala White (1996) poco menos que imposible.

El proceso de simulación debe comprenderse como la aplicación de una herramienta útil que permita profundizar en el conocimiento de una compleja realidad metropolitana y que además permita plantear cuáles pueden ser las consecuencias de las distintas formas de crecimiento que se producen actualmente, y ese ha sido el enfoque seguido en este trabajo. Además, como se detallará en el capítulo 7, se ha tratado de mostrar un modelo “transparente”, que se aleje todo lo posible del *pecado* que Lee denominaba “caja negra”, en el que cada uno de los elementos sea comprensible, y a ser posible aplicable en otros ámbitos de estudio.

2.6 SOBRE LAS APORTACIONES DE LA TESIS

En lo que respecta a las principales aportaciones esperadas como resultado del trabajo desarrollado a lo largo de esta tesis, se puede señalar que son las siguientes:

- La descripción y el conocimiento del cambio metropolitano experimentado en la AUG en el período comprendido entre 1977 y 2004, con especial atención a su dimensión urbana, accesibilidad y de la transformación del paisaje agrario, a través de la generación de diferentes cartografía y estadísticas de dichos procesos de cambio.
- El conocimiento y representación de los principales patrones de ocupación urbana en la AUG, como formas de ocupar el espacio metropolitano, a través de su descripción y de su cartografiado.
- La elaboración de un modelo de simulación capaz de representar diferentes tendencias futuras en la AUG, el cual sea lo más transparente posible, a la vez que pueda ser empleado para su aplicación en diferentes entornos metropolitanos.
- El diseño de un conjunto de instrumentos para valorar los escenarios futuros atendiendo especialmente a sus características morfológicas y espaciales, así como a criterios de la ecología del paisaje, entre los que destaca la conectividad del paisaje sobre el que los crecimientos tienen lugar.
- Generar un conjunto de criterios de planificación atendiendo principalmente a aspectos ambientales, y su plasmación a través de un escenario de propuesta en el que la componente ambiental juegue un papel importante como elemento de cohesión territorial.
- Plantear de forma conceptual el diseño de un sistema de ayuda a la decisión metropolitano que incorpore los diferentes instrumentos desarrollados y que pudiera ser implementado como instrumento de valoración de alternativas y toma de decisiones, que pudiera ser incorporado a los procesos de planificación metropolitana.

3. LOS CAMBIOS EN LA OCUPACIÓN URBANA.

RESUMEN

En este capítulo se presenta un análisis detallado de los cambios que han tenido lugar en la AUG en lo que respecta a la ocupación del suelo en el período comprendido entre 1977 a 2004, como una de las principales dimensiones del cambio espacial en dicho ámbito. Dividido el período de tiempo contemplado en varias etapas, en cada una de ellas se realiza la cartografía de los incrementos en la ocupación urbana de suelo, tanto industrial como urbano, que serán acompañados de estadísticas del reparto municipal de la superficie ocupada así como de los incrementos absolutos y relativos mostrados en cada uno de los períodos.

Igualmente para cada una de las etapas de ocupación establecidas se presentan los principales documentos de planificación que entran en vigor, como contexto en el que tienen lugar los diferentes crecimientos, y como análisis de la evolución del planeamiento metropolitano en el ámbito de estudio.

Palabras clave: Aglomeración Urbana de Granada, crecimiento en la ocupación de suelo, planeamiento, cartografía de ocupación urbana.

ABSTRACT

In this chapter it was assumed that urban growth is one of the most important aspects of the metropolitan change. Therefore urban growth was analysed in the metropolitan area of Granada within the last years (1977-2004). In order to compare time periods, four sub-periods were distinguished. For every sub-period, main planning documents were described because they are one of the most important driving forces of the metropolitan change. In addition, urban growth maps were generated for each period, showing residential and industrial evolution.

Keywords: Granada metropolitan area, urban growth, planning, urban growth maps

ÍNDICE DE CAPÍTULO

3.	LOS CAMBIOS EN LA OCUPACIÓN URBANA.....	48
3.1	INTRODUCCIÓN	52
3.2	LA SITUACIÓN EXISTENTE EN 1977. ¿UN ÁMBITO RURAL?.....	53
3.2.1	PLANEAMIENTO: EL MOMENTO DEL PLAN COMARCAL DEL 73.....	53
3.2.2	LA OCUPACIÓN URBANA EN 1977.....	55
3.3	EL PERÍODO 1977-1984. EL FRACASO DEL PLAN COMARCAL.....	60
3.3.1	PLANEAMIENTO	60
3.3.2	EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DE SUELO 1977-1984.....	61
3.4	EL PERÍODO 1984-1990: LA SEGUNDA RESIDENCIA Y LA RECONVERSIÓN EN VIVIENDA HABITUAL.....	66
3.4.1	PLANEAMIENTO	68
3.4.2	EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO 1984-1990.....	71
3.5	EL PERÍODO 1990-1999. LA CRISTALIZACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA.....	74
3.5.1	PLANEAMIENTO	76
3.5.2	EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO.....	81
3.6	EL PERÍODO 1999-2004. LA CONFIRMACIÓN DE UNA TENDENCIA.....	84
3.7	EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN URBANA: RECAPITULACIÓN 1977-2004	86
3.8	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN URBANA.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1:	Esquema de los análisis de cambio en la ocupación urbana.....	52
Figura 3-2	Esquema de la situación de la ocupación urbana en 1977 en la capital granadina y en los núcleos más cercanos a ella.....	53
Figura 3-3:	Espacios protegidos por el denominado Plan Comarcal.....	54
Figura 3-4:	Red Viaria propuesta por el Plan Comarcal de 1973 (Fuente: Fernández, 1978).....	55
Figura 3-5:	Ocupación Urbana (residencial e industrial) en el ámbito de estudio en el año 1977	56
Figura 3-6:	Núcleos urbanos de Purchil (al Norte) y Ambroz (al Sur) en el entorno del río Genil. Año 1977.	56
Figura 3-7:	Centro Histórico de Santa Fé en 1977.....	57
Figura 3-8:	Zonas industriales que comenzaban a ubicarse en la Zona Norte-Noroeste (En naranja).	57
Figura 3-9:	Distribución de la ocupación urbana por términos municipales y por usos en 1977	59
Figura 3-10:	Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1977-1984.....	60
Figura 3-11:	Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1977-1984.....	61

Figura 3-12: Polígono Industrial Juncaril en 1984. Se pueden observar las múltiples parcelas sin ocupar	62
Figura 3-13: Formación Conurbación Armilla-Churriana. 1977 y 2003.....	62
Figura 3-14: Crecimiento producto de parcelación ilegal en la urbanización denominada “Caballo Blanco” al oeste de la ciudad de Granada en el período 1977-1984.....	63
Figura 3-15: Superficie urbana residencial e Industrial municipal (1984).....	65
Figura 3-16: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1984-1990.....	66
Figura 3-17: Crecimiento en este período de zonas de segunda residencia aisladas y sin contacto con los núcleos existentes.....	67
Figura 3-18: Auge y pérdida de importancia de la segunda residencia, que se transforma en vivienda habitual en la corona metropolitana.....	68
Figura 3-19: Suelo urbanizable (azul) y protegido (ocre) en los municipios limítrofes de la ciudad de granada (primera corona) (Fuente: Plan Especial de protección de la Vega de Granada; Ayuntamiento de Granada, 1991).....	70
Figura 3-20: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1984-1990.....	72
Figura 3-21: Superficie urbana residencial e Industrial municipal. 1990.....	73
Figura 3-22: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1990-1999.....	74
Figura 3-23: Proceso de conurbación Armilla-Granada (1984, 1999 y 2004).....	75
Figura 3-24: Obras de construcción de la A-44 a su paso por Granada en 1988. La elaboración de la ronda de circunvalación supuso una ruptura de la conectividad entre la ciudad de Granada y el paisaje agrario de la AUG.....	76
Figura 3-25: Zonificación del Plan Especial de Protección de la Vega de Granada. (Fuente: Ayuntamiento de Granada, 1991).....	77
Figura 3-26: Ficha de Urbanización catalogada como ilegal por el Plan Especial de Protección de la Vega, denominada “Caballo Blanco”. (Fuente Ayuntamiento de Granada, 1991).....	78
Figura 3-27: Plan de Ordenación del Territorio de la AUG. Zonas con vinculación de usos.....	79
Figura 3-28: En verde Sistema de Espacios Libres extensivos, y en marrón, sistema de espacios libres lineales establecidos para el ámbito de estudio por el POT AUG.....	80
Figura 3-29: Cruce de itinerario principal del sistema de espacios libres (Sector A2, Vega Alta) con vía metropolitana (Conexión Granada –la Zubia). Se observa la falta de integración de ambos sistemas.	80
Figura 3-30: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1990-1999.....	81
Figura 3-31: Superficie urbana residencial e Industrial municipal. 1999.....	83
Figura 3-32: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1999-2004.....	84
Figura 3-34: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período1999-2004 y suelo urbanizable en el POT AUG.....	85
Figura 3-35: Incremento de la ocupación urbana. 1977-2004.....	87
Figura 3-36: Evolución de la superficie (Ha) construida en el AUG.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Suelo residencial e industrial por municipios. 1977	58
Tabla 3-2: Ocupación de suelo urbano por municipios.1984	64
Tabla 3-3: Incremento de superficie industrial entre 1977 y 1984.....	64
Tabla 3-4: Estado de los documentos de planificación Municipales. 1986. (Fuente Dirección General de Urbanismo, 1987).....	69
Tabla 3-5: Ocupación de Suelo Urbano por Municipios 1990.	72
Tabla 3-6: Superficie urbana y e incremento en la ocupación para el período 90-99	82
Tabla 3-7: Superficie de suelo Industrial ocupado por municipios en 1999.....	83
Tabla 3-8: Superficie urbana y crecimientos para 1999-2003.....	86
Tabla 3-9: Crecimiento de la ocupación de suelo por municipios 77-2003.....	88

3.1 INTRODUCCIÓN

Los cambios en la ocupación urbana experimentados en el área de estudio durante los últimos años se constituyen como una de las principales dimensiones de la transformación metropolitana acontecida, demostrando una extraordinaria capacidad transformadora a partir de la década de los setenta principalmente (Fernández, 1978; Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999; Menor, 2000).

Es por ello que esta dimensión del cambio metropolitano será la primera en ser abordada en este capítulo. No en vano, los análisis de los cambios en la ocupación urbana que aquí se presenten, serán además el punto de partida de los posteriores análisis de la transformación de la accesibilidad metropolitana, de la identificación de los patrones metropolitanos de ocupación, o de las alteraciones introducidas en el paisaje.

Así pues en este capítulo se aborda el estudio y descripción de los principales cambios que han tenido lugar en la ocupación de suelo por parte de los distintos municipios que actualmente forman el ámbito de estudio seleccionado, acompañado a su vez de un breve análisis de los distintos documentos de planificación que han constituido hitos relevantes en la planificación metropolitana. A través de la revisión de dichos documentos, se podrá comprender la evolución de la ocupación metropolitana así como la falta de planificación en lo que respecta a las cuestiones ambientales señalada en la formulación de las hipótesis de partida.

Para poder afrontar de forma operativa la tarea, se ha optado por presentar los cambios a través de un conjunto de períodos o etapas, que quedan delimitados por las fechas de las principales fuentes cartográficas. Estos períodos son el que ocupa de 1977 a 1984, de 1984 a 1990; de 1990 a 1999 y finalmente de 1999 a 2004. La Figura 3-1 muestra de forma esquemática las tareas desarrolladas a lo largo de este capítulo.

Así pues, tanto este capítulo como los siguientes (hasta el capítulo 6 incluido) tratarán de responder a la pregunta planteada en el capítulo 2: *¿Cuáles son los principales cambios espaciales que acontecen en la AUG?*

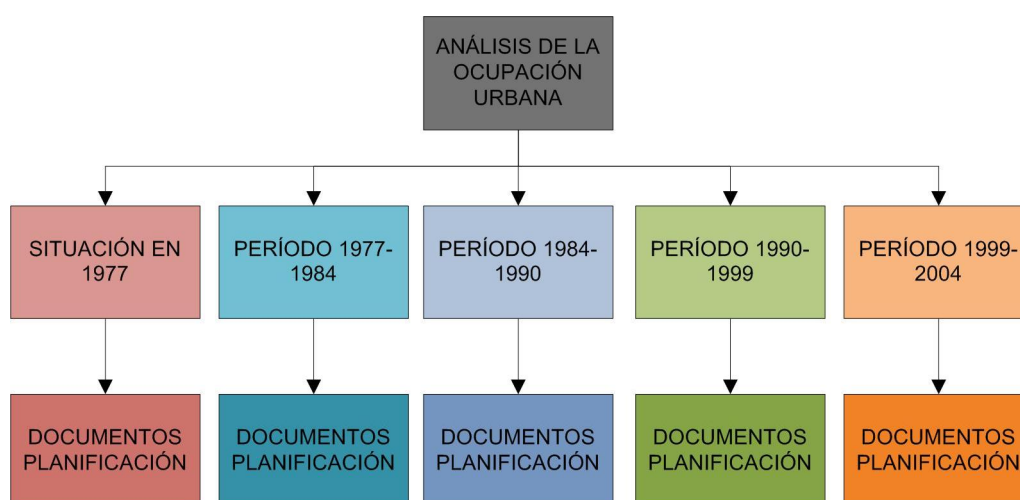


Figura 3-1: Esquema de los análisis de cambio en la ocupación urbana

La cartografía de la evolución de la ocupación urbana ha sido generada a partir de un proceso de digitalización en pantalla a partir de las fuentes básicas comentadas en el capítulo 2. Ha sido así necesario abordar este proceso para las diferentes fechas señaladas: 1977, 1984, 1990, 1999 y 2004. Esta digitalización se ha realizado generalmente a una escala de 1:5000, delimitando los diferentes contornos de las parcelas urbanas, que en algunas ocasiones han requerido de un mayor detalle para su cartografiado.

3.2 LA SITUACIÓN EXISTENTE EN 1977. ¿UN ÁMBITO RURAL?

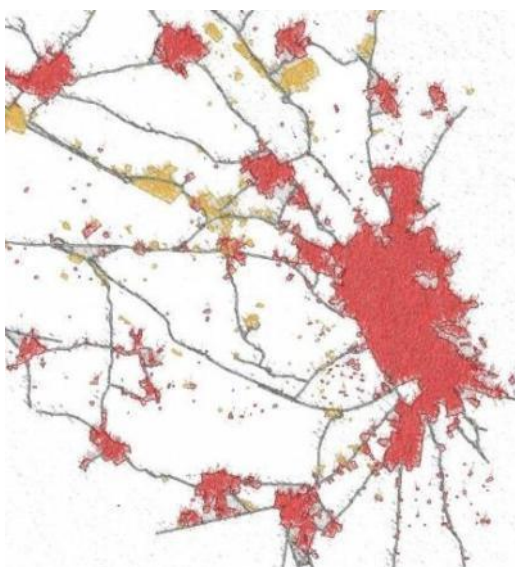


Figura 3-2 Esquema de la situación de la ocupación urbana en 1977 en la capital granadina y en los núcleos más cercanos a ella.

El año 1977 es el punto de partida de los análisis de cambio de la ocupación urbana, pudiendo señalarse que antes de esta fecha, en las décadas anteriores, el ámbito de la AUG, generalmente conocido como Vega de Granada, estaba configurado como un conjunto de asentamientos rurales (Consejería de Obras Públicas, 1999) que orbitaban alrededor de la capital provincial, así como por la ciudad de Granada, que actuaba como centro comarcal y de servicios. Sin embargo, los importantes cambios que tendrían lugar en los años venideros, especialmente a partir de la década de los 70, y que cambiarían totalmente la situación y definición del ámbito de estudio, comenzaban a tomar importancia allá por la fecha de partida de este análisis. Con objeto de conocer mejor las características de partida de la AUG en el año 77 se presenta a continuación un primer esbozo de la misma

3.2.1 PLANEAMIENTO: EL MOMENTO DEL PLAN COMARCAL DEL 73.

A principios de los años 70, los instrumentos de planeamientos existentes, surgidos allá por los años 40-50 en la AUG con el Plan de Ordenación Urbana y Alineaciones de Granada de 1951 (Ayuntamiento de Granada, 1951), se encontraban todavía en una época de escasa madurez, y además habían sido totalmente superados. Más aún si tenemos en cuenta las grandes expectativas de desarrollo industrial que se habían generado en la comarca con la aprobación del Polo de desarrollo de Granada, a través del Decreto de 21 de Febrero de 1970, el cual preveía la instalación en la comarca de Granada de gran cantidad de industria pesada, lo que hacía necesario un nuevo marco de planeamiento que permitiese desarrollar los objetivos recogidos en él.

De esta forma, en 1973 entra en vigor una nueva figura de planeamiento para la comarca con carácter supramunicipal, que pretendía recoger todos los objetivos y expectativas de desarrollo generados por la declaración del polo de desarrollo. Este nuevo Plan, denominado "Plan General de Ordenación Urbana de la Comarca de Granada de 1973," (Ministerio de Vivienda, 1973) constituirá una importante referencia a tener en cuenta, especialmente en lo que se refiere al ámbito territorial de aplicación (que era supramunicipal), así como por ser el marco que sustentará los crecimientos que se desarrollarán en la década de los 70. Igualmente importante son las grandes superficies destinadas al establecimiento de usos industriales que satisficiesen los objetivos establecidos con la declaración del Polo de Desarrollo de Granada y que presentarán un gran peso específico.

Cabe destacar que los primeros suelos protegidos para el ámbito de la futura Aglomeración Urbana de Granada fueron establecidos por este Plan, que reconoció importantes áreas de vega como Suelos de Protección Agrícola. (Fernández, 2004). De acuerdo con el plan, esta protección respondía a criterios productivos, de manera que se protegían aquellos suelos que el plan estimaba de mayor valor, del avance de la urbanización. Sin embargo, ante el sucesivo abandono y la pérdida de peso del sector agrícola por parte de la población, así como por las fuertes tensiones urbanísticas generadas por el propio Plan, pronto estas figuras de protección serán concebidas más como un impedimento al históricamente demandado desarrollo de la ciudad, que como una forma de proteger un patrimonio ecológico, productivo e histórico de todos los ciudadanos.

Por otra parte, las zonas destinadas a la protección eran en muchos casos las zonas que se ubicaban en los intersticios de la extensísima malla viaria que el Plan recogía. Principalmente, como se observa en la Figura 3-3, las zonas protegidas eran las zonas de Vega situadas al Oeste y al Sur de la ciudad de Granada, de tal forma que en la Zona norte se concentrasen los importantes crecimientos, especialmente industriales. Igualmente se protegían aquellos nuevos regadíos de las faldas de Sierra Elvira y los situados al Sur del núcleo urbano de Santa Fé.



Figura 3-3: Espacios protegidos por el denominado Plan Comarcal.

3.2.2 LA OCUPACIÓN URBANA EN 1977.

El auge del transporte privado a partir de los años 60 - 70 desborda cualquier expectativa previa existente, como consecuencia del comienzo del acceso generalizado a la compra de vehículos propios que tiene lugar a partir de dicha fecha (Menor, 2000). De esta manera, se incrementa de una forma extraordinaria el número de desplazamientos entre los diferentes núcleos de la comarca y Granada, ocasionando que la red de tranvías existentes hasta entonces, que había articulado los distintos territorios de la comarca desde el comienzo del período azucarero a principios de siglo (Castillo, 2003), pase a ser considerada como un modo de transporte obsoleto y demasiado rígido. Se produce así el desmantelamiento de la misma, que culmina en 1974, a la vez que se comienzan a adoptar medidas conducentes a favorecer el transporte privado. Este tipo de medidas quedan plasmadas en la propuesta de red viaria realizada por el Plan General de Ordenación Urbana de la Comarca de Granada (Figura 3-4), y que aún desde la perspectiva actual resulta de una dimensión y escala absurdas por su desmesura.

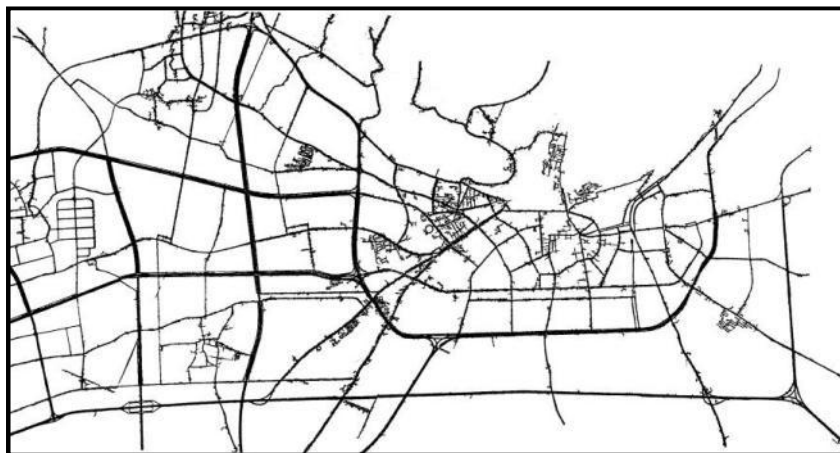


Figura 3-4: Red Viaria propuesta por el Plan Comarcal de 1973 (Fuente: Fernández, 1978)

Finalmente, un importante factor a tener en cuenta en lo que respecta al proceso de ocupación urbana que se inicia en este período, lo constituye el hecho de que el sector de la construcción había comenzado una actividad muy importante años atrás, recibiendo un importante trasvase de mano de obra de otros sectores como el agrícola y de otras localidades más deprimidas de la provincia (Menor, 2000), con lo que el proceso de crecimiento urbano contaba con la presencia de un importante motor económico que lo impulsase.

Se puede señalar entonces que en el año 1977 si bien la actual AUG se configuraba como una comarca en la que la ciudad de Granada aparecía como único núcleo de importancia y como principal consumidor de suelo (Fernández, 1978); la cual se encontraba rodeada de un conjunto de núcleos urbanos de carácter rural (Dirección General de Urbanismo, 1987), los factores anteriormente descritos comenzaban a sentar las bases para el importante cambio metropolitano que iba a tener lugar y que se reflejará a lo largo de los análisis mostrados en este capítulo.

La Figura 3-5 muestra la situación de la ocupación de suelo urbano existente en el año 1977 para todo el ámbito de estudio. En ella se observa la gran importancia relativa que la ciudad de Granada poseía con respecto al resto de núcleos de la comarca, que se traducía en una dependencia prácticamente absoluta de la capital para todo lo referente a la prestación de servicios, equipamientos y empleos. En torno a ella se encuentran los por entonces pequeños asentamientos rurales (que más tarde pasarán a ser más bien rururbanos (Fernández, 2003) que orbitaban a su alrededor.

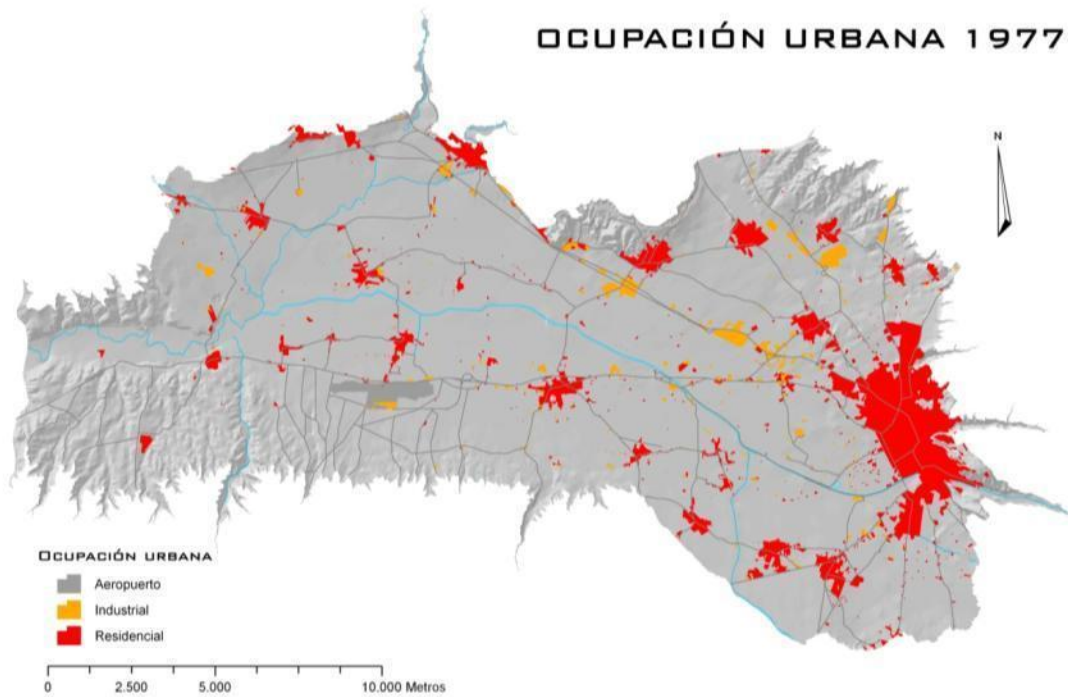


Figura 3-5: Ocupación Urbana (residencial e industrial) en el ámbito de estudio en el año 1977

Ejemplos de estos núcleos cercanos a la capital de carácter eminentemente rural lo constituían por ejemplo el triángulo formado por los núcleos de Purchil, Ambroz y Belicena, actualmente parte del municipio de Vegas del Genil (los dos primeros en la Figura 3-6) y que presentaban una estructura eminentemente marcada por el paisaje agrario, con una forma que sigue la traza de la red de caminos pre-existente.



Figura 3-6: Núcleos urbanos de Purchil (al Norte) y Ambroz (al Sur) en el entorno del río Genil. Año 1977
Sin embargo es necesario señalar que igualmente existían otros núcleos, que si bien poseían un carácter agro-urbano, eran núcleos de carácter histórico, con una importancia relevante dentro de la comarca, y

que presentaban (y presentan) unas estructuras urbanas destacadas del resto. Buen ejemplo de ello lo constituyen los núcleos de Santa Fé¹ o Atarfe (Figura 3-7)



Figura 3-7: Centro Histórico de Santa Fé en 1977.

En lo que respecta a las zonas industriales, se observa como su localización se encontraba en torno a las cercanías de las principales vías de comunicación, especialmente en la carretera nacional N-432 en el tramo comprendido entre las localidades de Atarfe y Maracena. Además, de acuerdo con las directrices del Plan Comarcal, que preveían la ubicación de grandes zonas industriales al norte de la ciudad de Granada, se aprecia como ya en 1977 aparecen las primeras de ellas, con la presencia del denominado Polígono industrial de A.S.E.G.R.A. (Figura 3-8). En cualquier caso, las ocupaciones industriales aún eran escasas a la vista de lo propuesto en el Plan Comarcal, y no constituían aún importantes superficies.

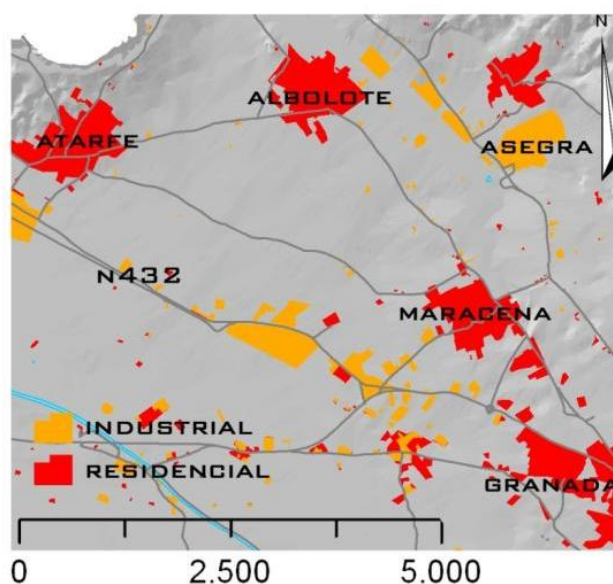


Figura 3-8: Zonas industriales que comenzaban a ubicarse en la Zona Norte-Noroeste (En naranja).

Para describir de forma cuantitativa los valores de ocupación industrial y urbana, a continuación se presentan los resultados de las superficies existentes en cada uno de los municipios que componen el

¹ La ciudad de Santa Fé, surgida en el siglo XV, se trata de la única ciudad planificada en la Vega, cuyo origen fue el campamento instalado por los Reyes Católicos para la conquista de Granada, con una retícula ortogonal propia del Renacimiento.

ámbito de trabajo. Estos datos se presentarán además para cada uno de los períodos de análisis, con el objetivo de poder observar la evolución que ha tenido lugar en cada fecha. La Tabla 3-1 muestra las hectáreas de suelo urbano ocupadas por los diferentes municipios integrantes del ámbito de estudio, así como los valores totales de los municipios de la Corona (en rojo) y de la capital Granadina

MUNICIPIO	Superficie Industrial 1977	Superficie Residencial 77	TOTAL
Albolote	13,01	70,54	83,56
Armillá	8,20	82,57	90,77
Atarfe	67,41	90,67	158,08
Chauchina	11,69	141,79	153,48
Churriana	2,28	58,24	60,52
Cijuela	0,01	17,56	17,58
Cúllar Vega	0,02	31,48	31,50
Fte Vaqueros	6,81	49,57	56,39
Gabias	1,72	15,08	16,79
Granada	101,02	1086,27	1187,28
Jun	0,84	11,79	12,63
Láchar	0,60	32,64	33,23
Maracena	10,97	58,95	69,92
Ogijares	0,00	11,28	11,28
Peligros	50,34	32,93	83,27
Pinos puente	32,79	132,29	165,08
Pulianas	10,75	27,05	37,79
Santa Fé	26,04	136,01	162,05
Vegas del Genil	5,28	49,19	54,47
TOTAL	349,77	2135,89	2485,66
CAPITAL	101,02	1086,27	1187,28
CORONA	248,76	1049,62	1298,38

Tabla 3-1: Suelo residencial e industrial por municipios. 1977

De esta tabla se desprende que el término municipal de Granada es evidentemente el que mayor superficie de suelo ocupado presenta, con casi 1200 ha entre los distintos núcleos urbanos que lo componen. Los siguientes municipios que le siguen en superficie son los de Pinos Puente, Santa Fé y Atarfe, aquellos núcleos que se señalaban anteriormente como núcleos de mayor importancia histórica en la comarca, o que presentan varios núcleos importantes dentro del término municipal, como es el caso de Pinos Puente². Chauchina presenta unos valores elevados de suelo urbano por la presencia del aeropuerto (que ha sido contemplado como suelo urbano)³, que se encuentra dentro del término municipal de Chauchina y que sin embargo cumple un servicio eminentemente metropolitano y para la capital. Otros municipios de enorme importancia en la actualidad como Armilla, Albolote o Peligros, presentaban en 1977 unas superficies de ocupación muy discretas, inferiores a las 100 ha.

Los núcleos de carácter eminentemente rural, presentaban en 1977 por su parte unas superficies de ocupación mucho más reducidas que los anteriores, como pueden ser las apenas 18 Ha de Cijuela, las algo más de 30 de Láchar o Cúllar Vega, o las 54 de Vegas del Genil, en este caso repartidas en 3 núcleos de población.

² El término municipal de Pinos Puente, además del núcleo principal, incluye el núcleo urbano de Valderrubio, de relativa importancia en la comarca, lo que sitúa a este término en valores elevados de superficie.

³ Este suelo se ha incluido como suelo ocupado.

Finalmente, para observar de forma espacial la distribución de las superficies de ocupación urbana en los diferentes términos municipales, así como la proporción que supone en dichos términos cada uno de los usos industrial y residencial, se presentan los valores de la Tabla 3-1 en la Figura 3-9. En ella se observa de forma clara cómo existen amplias diferencias en la distribución de la ocupación residencial e industrial, destacando eminentemente la ciudad de Granada sobre los demás núcleos señalados con anterioridad.

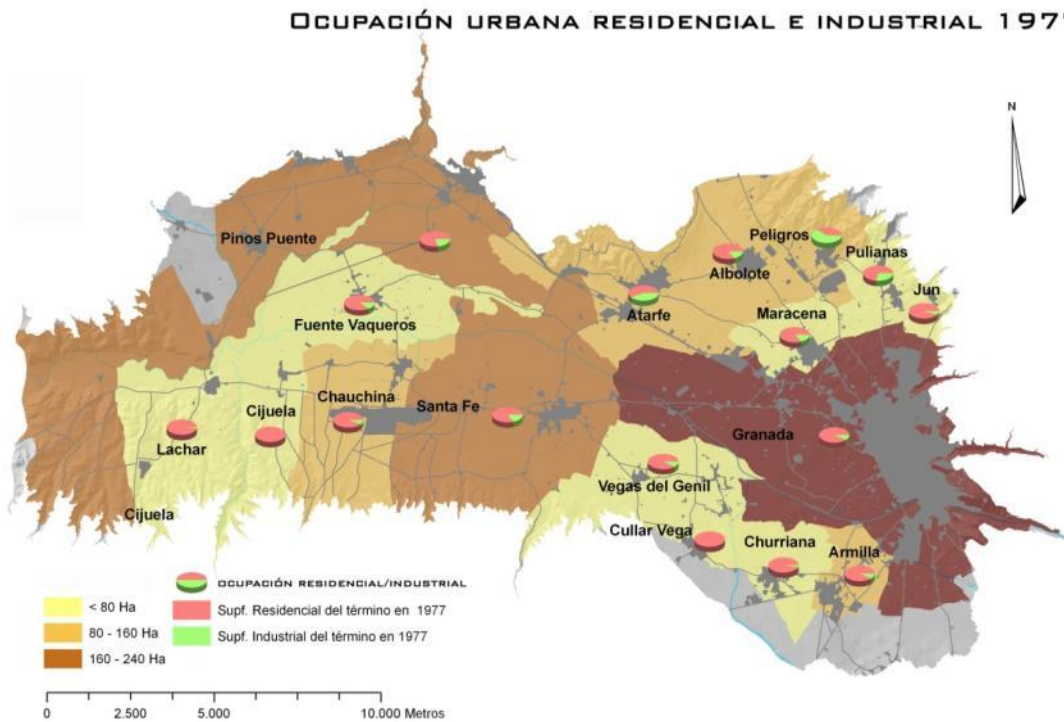


Figura 3-9: Distribución de la ocupación urbana por términos municipales y por usos en 1977

3.3 EL PERÍODO 1977-1984. EL FRACASO DEL PLAN COMARCAL.

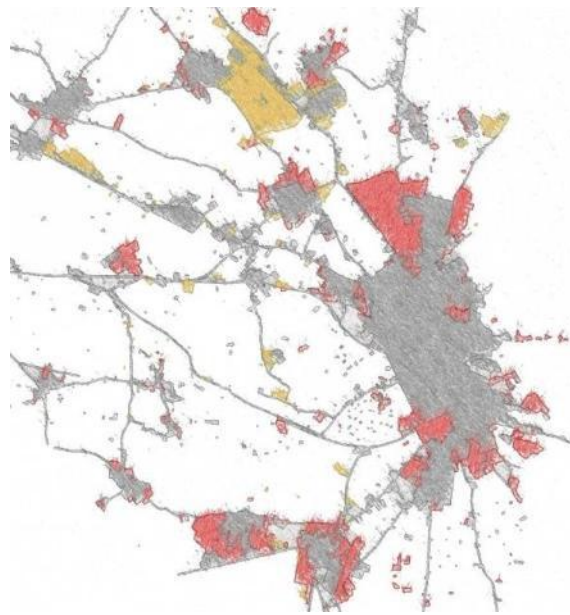


Figura 3-10: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1977-1984

El período 1977-1984 se caracteriza por un proceso de cambio generalizado en todos los aspectos a lo largo y ancho de todo nuestro país como consecuencia del fin de la dictadura y la vuelta de la democracia a España, que se traducirá en los procesos de crecimiento y planeamiento urbano (Terán, 1996). En este sentido, en los siete años que comprenden este período se va a producir una importante transformación de la AUG, con considerables crecimientos metropolitanos, muchos de ellos de carácter industrial, como herencia de lo establecido en el Plan Comarcal, así como con importantes crecimientos residenciales en la capital y en muchos otros de los núcleos de la corona metropolitana. Como se mostrará a continuación, se trata de un período de adaptación del Planeamiento a la nueva organización administrativa del país, lo que convertirá este período en unos años de aparente falta de control sobre los procesos de ocupación urbana.

3.3.1 PLANEAMIENTO (77-84)

En el período 77-84, se puede señalar que los importantes cambios sociales, económicos y políticos acontecidos habían dado lugar a un claro desbordamiento y fracaso del Plan Comarcal (Fernández, 2004) anteriormente descrito. La vuelta de la democracia a España, el fracaso de la declaración del Polo de Desarrollo por parte del gobierno de la dictadura, la crisis del modelo industrial, la descentralización del estado, etc., generan en estos momentos una falta absoluta de marco de actuación en materia de ordenación territorial y urbanismo (Dirección General de Urbanismo, 1987). Sin embargo, a pesar de esta pérdida de validez de facto del Plan Comarcal, la inercia de algunas de sus premisas continuará vigente en este período, hasta que comiencen a desarrollarse nuevos instrumentos de planeamiento, que verán la luz en el siguiente período de análisis. Por ello, aunque muchos de los postulados del plan fracasaron, como pueden ser por ejemplo la apuesta por un modelo basado en la industria pesada, otros de los aspectos, generalmente algunos muy negativos, se comenzaron a consolidar en este período hasta la mitad de la década de los 80.

Un hecho relevante acontecido al final de este período, en el año 1983, lo constituye la cesión de las competencias en materia de urbanismo por parte de la recién creada Dirección General de Urbanismo

de la comunidad autónoma andaluza hacia los Ayuntamientos, lo que en buena parte condicionará los acontecimientos que tienen lugar en los siguientes períodos. En cualquier caso, en este período se puede afirmar que no se genera ningún nuevo documento de planeamiento de interés a nivel metropolitano, hecho que refleja la ausencia de marco jurídico de planificación anteriormente señalada.

3.3.2 EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DE SUELO 1977-1984

En lo que respecta a la descripción de los cambios que tienen lugar en este período y su relación con las directrices establecidas en el Plan Comarcal, quedan recogidos en la Figura 3-11. En ella se observa cómo, tal y como pretendía el Plan Comarcal, la mayor parte de los crecimientos de la AUG se localizan en la zona Norte de la ciudad de Granada, con la consolidación del polígono industrial de A.S.E.G.R.A, la urbanización del Polígono industrial de Juncaril (Figura 3-12) o los crecimientos de la ciudad de Granada localizados en esa área.

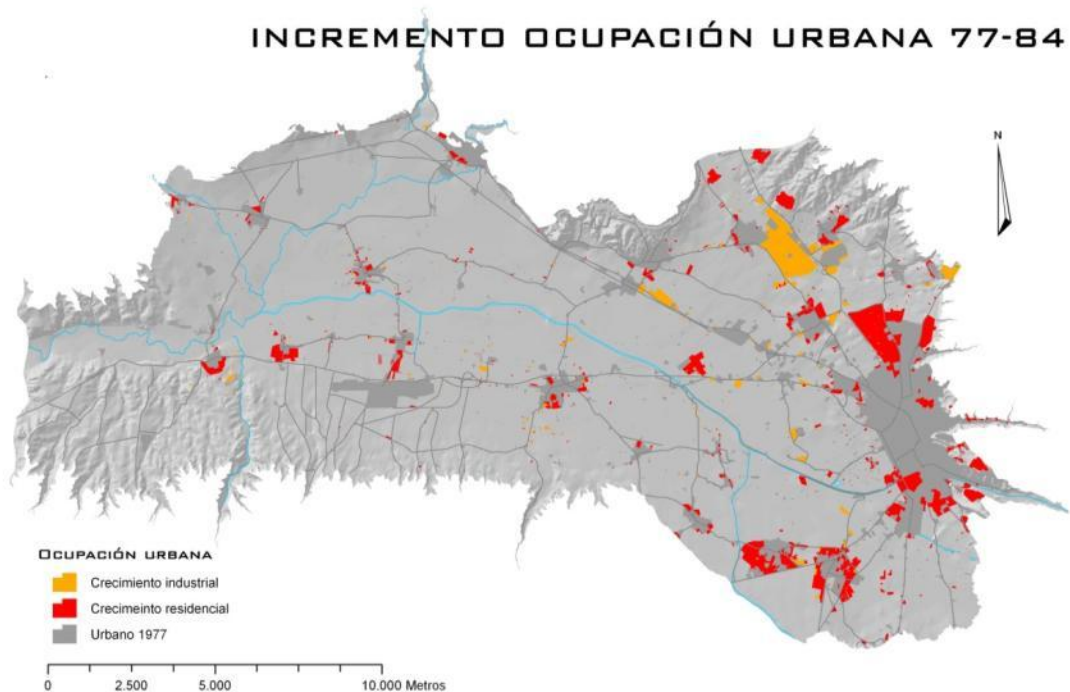


Figura 3-11: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1977-1984



Figura 3-12: Polígono Industrial Juncaril en 1984. Se pueden observar las múltiples parcelas sin ocupar

Se tiende así a generar una gran conurbación⁴ en la zona Norte de Granada, con grandes zonas destinadas a uso industrial, que el plan del 73 estipulaba serían ocupadas por la industria pesada. La idea de potenciar estos procesos de conurbación se encontraba muy presente en el Plan, de tal forma que en este período se convierte en una característica heredada del mismo. Otro buen ejemplo de dichos procesos lo constituye el caso de la zona Sur localizada entre los núcleos urbanos de Armilla y Churriana de la Vega (Figura 3-13), en el entorno a la base militar del ejército del aire, en la que se produce la formación de un continuo urbano articulado únicamente por la vía perimetral de la instalación militar. El crecimiento en este entorno ha supuesto en la actualidad la total conurbación de los dos núcleos urbanos, con la consiguiente pérdida de identidad para ambos (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999), la generación de espacios denominados en ocasiones “no-lugares” (Augé, 1993) o “lugares basura” (Pardo, 2006; López de Lucio, 2006), así como la escasez de infraestructuras y equipamientos, que lleven a cabo la articulación de dicho ámbito.



Figura 3-13: Formación Conurbación Armilla-Churriana. 1977 y 2003

En cualquier caso, a pesar de cumplirse algunas de las directrices de ocupación planteadas en el Plan Comarcal, el fracaso del mismo queda patente al no corresponderse las enormes expectativas de

⁴ Término acuñado por Patrick Geddes (1915) para designar la urbanización sin freno, que se difunde por el territorio de forma errática, perdiendo la noción de centro y de unidad en el trazado propio de las ciudades antiguas.

desarrollo industrial por él generadas (Fernández, 1978), no ejecutarse la política de infraestructuras planteadas con la construcción de las múltiples rondas de circunvalación, no ponerse en práctica la política desarrollista propuesta, así como al no conseguir frenar totalmente los crecimientos en dirección oeste hacia la Vega la cual pretendía preservar (Dirección General de Urbanismo, 1987) (Figura 3-14)



Figura 3-14: Crecimiento producto de parcelación ilegal en la urbanización denominada "Caballo Blanco" al oeste de la ciudad de Granada en el periodo 1977-1984

Comentados los principales crecimientos observados, así como el fracaso de la política del Plan Comarcal, a continuación se detallan con nivel de desagregación municipal los valores de las superficies de suelo ocupadas en el año 84, así como el porcentaje de crecimiento que suponen con respecto a la situación existente en el año 1977 (Tabla 3-2).

MUNICIPIO	Superficie Urbana 1984	%Crecimiento
Albolote	237,81	184,62
Armillá	156,62	72,55
Atarfe	197,48	24,93
Chauchina	177,26	15,49
Churriana	126,40	108,87
Cijuela	45,80	160,59
Cúllar Vega	39,60	25,71
Fte Vaqueros	74,87	32,78
Gabias	42,76	154,67
Granada	1621,17	36,54
Jun	32,94	160,79
Láchar	56,54	70,12
Maracena	123,28	76,32
Ogijares	27,32	142,23
Peligros	188,56	126,44
Pinos puente	184,58	11,81
Pulianas	43,93	16,25
Santa Fé	204,50	26,20
Vegas del Genil	65,14	19,59

CORONA	2025,40	55,99
TOTAL	3646,56	46,70

Tabla 3-2: Ocupación de suelo urbano por municipios. 1984

En ella se puede observar el importante crecimiento en la ocupación urbana que se produce en algunos de los núcleos de la corona metropolitana, como es el caso de Albolote, que incrementa la superficie construida en casi un 185 %. Otros ejemplos los constituyen los términos municipales de Peligros, las Gabias, etc. Crecimientos igualmente importantes, en lo que a incremento porcentual se refiere, se encuentran en el término de Cijuela, debido a la escasa superficie que presenta, o en el de Ogijares, debido a la escasez de zonas urbanas en el año 77 en el sector de su término municipal comprendido en el ámbito de estudio.

Un punto a destacar es el hecho de que los municipios que en el período anterior se señalaban como aquellos con mayor superficie, sin embargo presentan unos crecimientos porcentuales, que aunque son importantes, son relativamente inferiores al resto de los municipios, o al crecimiento medio de la Corona Metropolitana, que se sitúa en el 56 %. Se produce así un crecimiento generalizado en la ocupación que no va a estar en relación con el mayor peso histórico o poblacional de los municipios.

Además, buena parte de estos crecimientos van a tener lugar en el suelo destinado a áreas industriales, especialmente en aquellos municipios de la zona Norte en los que el Plan Comarcal preveía la localización de la industria pesada. (Tabla 3-3)

MUNICIPIO	Incremento % superficie industrial
Albolote	900,10
Armillá	106,75
Atarfe	37,62
Chauchina	10,36
Churriana	239,25
Cijuela	3379,89
Cúllar Vega	0,00
Fte Vaqueros	39,44
Gabias	0,00
Granada	25,23
Jun	1766,27
Láchar	895,17
Maracena	162,47
Ogijares	0,00
Peligros	129,85
Pinos puente	6,63
Pulianas	24,34
Santa Fé	63,89
Vegas del Genil	46,05

Tabla 3-3: Incremento de superficie industrial entre 1977 y 1984

A la vista de las cifras mostradas en lo que a incremento de la ocupación industrial respecta, se puede observar que los crecimientos son ciertamente muy importantes en algunos municipios, como es el caso de Albolote, con un 900 % de incremento, Jun con más de un 1750 %, o los altos valores de Láchar y Cijuela; todos ellos debidos a la apenas nula existencia de suelo industrial en la fecha previa. Otros incrementos importantes son los de Churriana (240%), Maracena, (162%) o Peligros (130%).

En la Figura 3-15 se muestran los valores de ocupación urbana, así como las diferentes proporciones de suelos residenciales e industriales en cada municipio. Se observa como en muchos de los municipios anteriormente citados, el porcentaje de suelo industrial se convierte en una parte muy importante de la superficie municipal ocupada, especialmente en los municipios situados al Norte de la capital (Maracena, Peligros, Albolote, Jun, etc), de tal forma que llega a equiparse con las superficies residenciales de los mismos (Albolote o Atarfe) o incluso a superarlas (Peligros). Se produce así una cierta especialización industrial en esta fecha por parte dichos municipios.

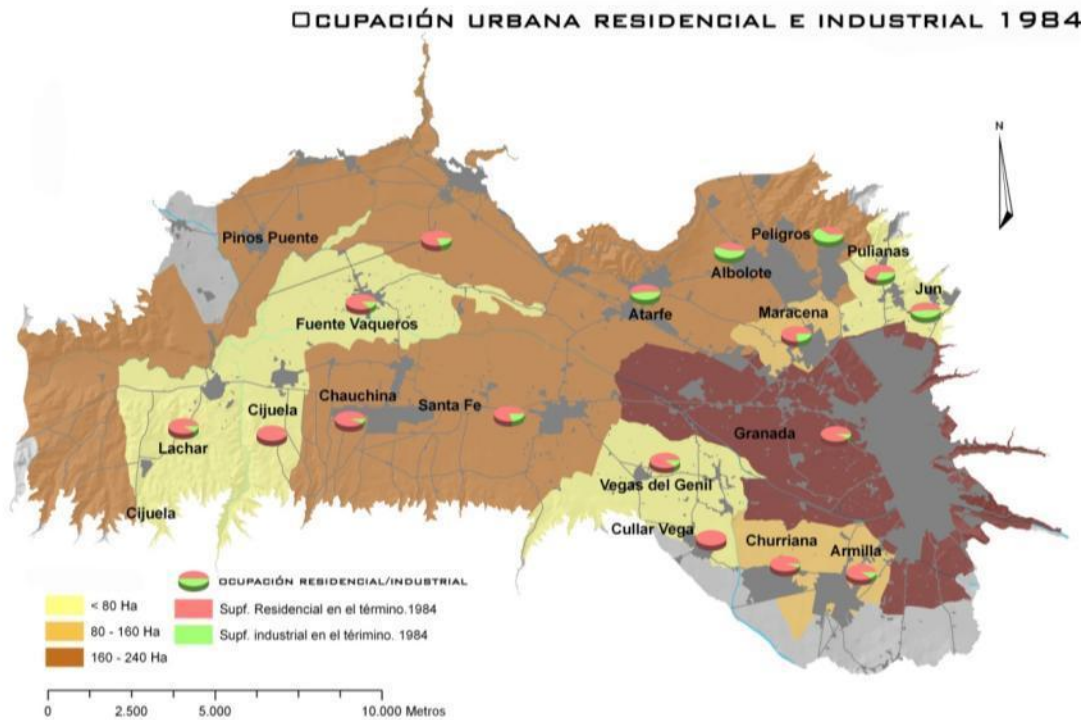


Figura 3-15: Superficie urbana residencial e Industrial municipal (1984).

A modo de resumen de este período, se puede decir que se caracteriza por un fuerte incremento de la ocupación urbana, especialmente como consecuencia del desarrollo de las nuevas zonas industriales en los municipios de la zona Norte, así como por comenzar a gestar los procesos de conurbación que tendrán lugar en la AUG en los años venideros (especialmente en la zona Churriana-Armilla). Igualmente se trata de un período en el que la ciudad de Granada experimenta un fuerte crecimiento residencial en su área Norte, así como en el entorno del río Genil, incrementando su superficie ocupada en más de un 35 % en apenas 7 años..

De esta forma la AUG en ciernes se encontraba en el año 84 ante un período en el que era necesario un nuevo marco regulador de planeamiento que se adaptase a las nuevas realidades sociales, políticas, administrativas y económicas del momento, en buena parte por la fuerte inercia y dinamismo, en lo que cambios en la ocupación urbana se refiere, que la comarca mostraba. Fracasaba así el Plan Comarcal del 73 y su modelo de ciudad industrial, aunque sin embargo, muchas de sus directrices seguían quedando latentes.

3.4 EL PERÍODO 1984-1990: LA SEGUNDA RESIDENCIA Y LA RECONVERSIÓN EN VIVIENDA HABITUAL.



Figura 3-16: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1984-1990

El siguiente período que a continuación se analiza, se caracteriza principalmente por dos fenómenos que tienen lugar uno a continuación del otro y que marcarán de forma importante el proceso de ocupación urbana en el AUG. Estos procesos son:

- Un importante auge en la construcción de segunda residencia (Dirección General de Urbanismo, 1987; Menor, 2000) como consecuencia del incremento y consolidación de la clase media de la AUG y un proceso de búsqueda de evasión de la ciudad. En este sentido, la amplia oferta de vivienda de los núcleos de la corona metropolitana que se hace patente en este período, facilitará en buena medida la vía de adquisición de estas segundas residencias, que por otra parte, el sector de la construcción demandaba tras la caída de los beneficios experimentados en los años 70.

Así, muchas de las urbanizaciones que surgen en este período, lo harán en los municipios de la corona, y en múltiples ocasiones además lo harán de forma aislada (Figura 3-17) sin contacto con los núcleos existentes (Dirección General de Urbanismo, 1987) lo que las hará altamente dependientes del vehículo privado para poder acceder a los servicios necesarios, que por otra parte seguían siendo prestados por la ciudad de Granada. Un dato relevante a este respecto es el hecho de que un 70 % de desplazamientos realizados en el municipio de Ogijares, eran desplazamientos a la ciudad de Granada. (Dirección General de Urbanismo, 1987).



Figura 3-17: Crecimiento en este período de zonas de segunda residencia aisladas y sin contacto con los núcleos existentes

Sin embargo este fuerte impulso de la ocupación urbana asociado al fenómeno de la segunda residencia en los núcleos cercanos a la ciudad de Granada, pronto pasará a convertirse en un crecimiento de la vivienda habitual (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999). Los altos costes del mantenimiento de varias viviendas, además del incremento de la movilidad necesario, las tareas de mantenimiento de la segunda vivienda (en muchas ocasiones viviendas unifamiliares con jardines y piscina), la escasez de equipamientos, servicios y lugares de ocio en las cercanías, etc., suponían en algunos casos aspectos negativos de mayor peso que el supuesto descanso y tranquilidad que aportaba (Menor, 2000). Todo ello iría ocasionando un desinterés por la adquisición de este tipo de viviendas secundarias entre las clases medias, al menos en las zonas cercanas a la capital, de tal modo que dicho interés se comienza a trasladar a los destinos turísticos costeros, que experimentarán un enorme crecimiento a partir de esos años (Matarán, 2005).

- La pérdida del interés por la segunda residencia. El importante auge experimentado, que había generado un importante parque de viviendas en la corona metropolitana, unido a la escasez de vivienda prevista en el PGOU de Granada de 1985, así como a las expectativas de la generación de nuevas infraestructuras metropolitanas, generaría el fenómeno complementario al anteriormente descrito: la reconversión de muchos de estos núcleos metropolitanos en lugares de vivienda habitual o de primera residencia (Figura 3-18). Este hecho provocará un “boom inmobiliario” a nivel local (Menor, 2000) que se traducirá en la unificación del mercado inmobiliario para todos los municipios de la Aglomeración Urbana de Granada (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999).

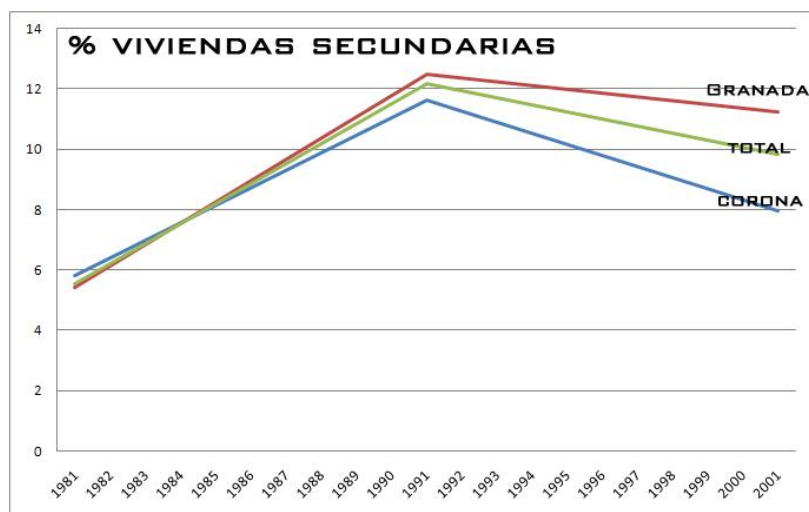


Figura 3-18: Auge y pérdida de importancia de la segunda residencia, que se transforma en vivienda habitual en la corona metropolitana.

3.4.1 PLANEAMIENTO (84-90)

En lo que respecta al planeamiento, y como se adelantaba en el período anterior, se iniciaba este período con una situación de completa ausencia de marco de planeamiento, con lo que era necesario adoptar una nueva política en materia de urbanismo y ordenación del territorio que permitiese articular los cambios que estaban teniendo lugar en la AUG. Ya a finales del anterior período se toma la decisión de desagregar las competencias de planeamiento a nivel Municipal, hecho acordado por la Comisión Provincial de Urbanismo en 1983 de la recién creada administración autonómica (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1989), que dejaba en manos de los ayuntamientos las competencias en materia de urbanismo y planificación. Sin embargo, consciente de que se podían generar actuaciones totalmente descoordinadas de los municipios y para tratar de ofrecer un marco común a la hora de elaborar los planes generales y las normas subsidiarias de los mismos, esta misma administración, encargó la elaboración de unos "*Criterios y Directrices de Coordinación y Compatibilización del Planeamiento Municipal*" (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1989) como instrumento para la homogenización de los planeamientos. Este trabajo debía contar además de diversos estudios sectoriales que comenzaron su realización pero que finalmente no llegaron a completarse.

De esta forma, allá por 1985-1986, en el comienzo de este período, la mayoría de los municipios habían formalizado o se encontraban en proceso de hacerlo, sus diferentes planeamientos. Granada, como capital de la Provincia, elaborará un Plan General de Ordenación urbana en 1985 (Ayuntamiento de Granada, 1985)⁵, mientras que el resto de los municipios del ámbito de estudio recurrirán a la vía de las Normas Subsidiarias, que en septiembre de 1986 se encontraban en distintas fases de aprobación (Tabla 3-4)

⁵ En él se establece un impedimento de cualquier uso, edificación o parcelación de la Vega que alterase las condiciones reales existentes en ese momento (Menor, 2000), a la vez que se señala la necesidad de desarrollar la Vega como espacio de uso agrícola en combinación con usos propios de un parque suburbano natural, con el objeto de llevar a cabo la creación de un parque agrario en la Vega de Granada

MUNICIPIO	DOCUMENTO DE PLANIFICACIÓN
Albolote	NNSS (aprobación def)
Armillá	NNSS (aprobación def)
Atarfe	NNSS (aprobación inicial)
Cenes de la Vega	NNSS (aprobación def)
Chauchina	Sin datos
Churriana	NNSS (avance)
Cijuela	Sin datos
Cullar Vega	NNSS (aprobación inicial)
Fte Vaqueros	Sin datos
Gabias	NNSS (aprobación def)
Granada	Plan General
Huétor Vega	Sin datos
Jun	NNSS (aprobación def)
Láchar	Sin datos ⁶
Maracena	NNSS (aprobación def)
Peligros	NNSS (aprobación def)
Pinos puente	NNSS (aprobación def)
Pulianas	NNSS (aprobación def)
Santa Fé	NNSS (aprobación def)
Vegas del Genil	NNSS (aprobación def)

Tabla 3-4: Estado de los documentos de planificación Municipales. 1986. (Fuente Dirección General de Urbanismo, 1987)

Sin embargo, al analizar dichos planeamientos (la mayoría de ellos en aprobación definitiva), observamos que en los municipios de la corona metropolitana se produce una grandísima recalificación de suelo que daría lugar a grandes superficies contempladas como urbanizables (Figura 3-19), así como a un elevado número de viviendas previstas con respecto a la capital granadina: 17.500 viviendas previstas para el caso de Granada en el PGOU de 1985, por 85 mil viviendas para el conjunto de los núcleos de la corona metropolitana (Dirección General de Urbanismo, 1987).

⁶ No se dispone de información para estos municipios por no estar considerado en el trabajo "Análisis del Planeamiento Urbanístico en la Comarca de la Vega de Granada" (Dirección General de Urbanismo, 1987).

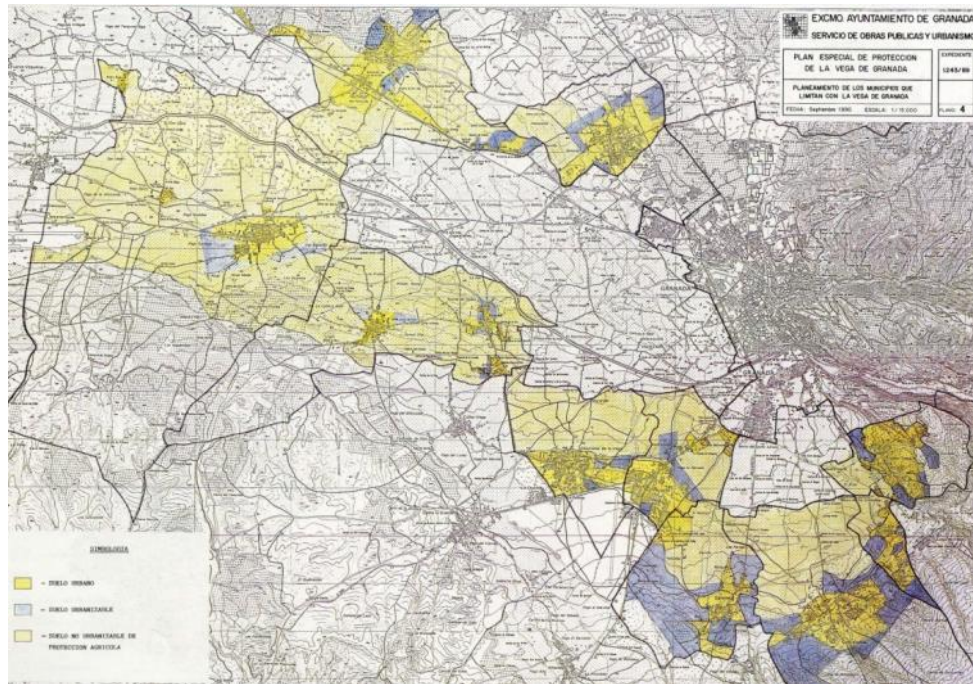


Figura 3-19: Suelo urbanizable (azul) y protegido (ocre) en los municipios limítrofes de la ciudad de Granada (primera corona) (Fuente: Plan Especial de protección de la Vega de Granada; Ayuntamiento de Granada, 1991)

De esta forma, se había generado una tremenda desigualdad de políticas urbanísticas en apenas varios Km de distancia (Menor, 2000), con el consiguiente crecimiento de la segunda residencia en los núcleos de la corona en una primera etapa, y su posterior y paulatina reconversión en vivienda habitual. Ante esta situación, de nuevo la Dirección General de Urbanismo interviene a través de la redacción de un nuevo documento, titulado "Análisis del Planeamiento Urbanístico en la Comarca de la Vega de Granada" (Dirección General de Urbanismo, 1987), que pone de manifiesto los graves desajustes existentes entre los distintos municipios. Se había cumplido así el hecho que se trataba de evitar años atrás: la absoluta falta de coordinación de los planes municipales, en un ámbito en el que la problemática urbanística ya tenía por aquellos entonces un carácter supramunicipal.

3.4.1.1 PLAN ESPECIAL PROTECCIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE 1988

Especial atención merece, en el análisis de los documentos de planificación que entran en vigor en este período, el Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Granada. Y es que ante la descoordinación intermunicipal existente, y la necesidad de aplicar un conjunto de criterios comunes que identificasen valores ambientales y territoriales dignos de una protección superior a la municipal, la Dirección General de Urbanismo lleva a cabo el último de los documentos de planificación que ven la luz en este período: el "Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Granada" (Dirección General de Urbanismo, 1988), entendido como un plan que analizaba y protegía los valores ambientales de la provincia de Granada como instrumento de partida para la elaboración de los planeamientos urbanos por parte de los distintos municipios

Esta vocación queda patente al analizar los objetivos del mismo, entre los que encontramos el de "introducir en el planeamiento la protección del medio físico en el ámbito provincial, adoptando unas medidas de planeamiento que permitiesen afrontar los problemas ambientales más significativos en el ámbito provincial adoptando una perspectiva amplia e integradora de alcance territorial".

Las figuras que adoptaba el plan tenían un carácter subsidiario y director, dividiéndose en 9 figuras para el catálogo de espacios y 3 para las categorías de protección: integral, compatible y cautelar. En concreto, para el ámbito de la AUG, y en especial para el ámbito delimitado en este trabajo, no se encuentran apenas áreas protegidas de acuerdo con las categorías de protección integral o compatible, a excepción de las primeras estribaciones montañosas de Sierra Elvira, que quedaba encuadrada en su mayor parte bajo la figura de protección integral. En cualquier caso, los regadíos de la Vega de Granada, quedaban catalogados bajo la figura de *protección cautelar*, una figura que hacía referencia a aquellos espacios de valor sometidos a una dinámica de usos y ocupaciones de elevada complejidad, que según el Plan hacía necesario demorar el régimen de protección específica hasta que se llevase a cabo un planeamiento especial específico para ellos. Para el caso de los "regadíos de la Vega", en el programa de actuación se adoptaban un conjunto de normas transitorias hasta la elaboración y aprobación de un "*Plan Especial de Conservación y Mejora del Medio Rural de la Vega*", igualmente previsto en dicho programa. Aunque este conjunto de normas presentaba bastantes restricciones a la transformación de la Vega, quedaba aplazada su protección y supeditada a la realización de un nuevo Plan Especial, que verá la luz años después, aunque con bastantes limitaciones como será expuesto.

3.4.2 EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO 1984-1990.

Presentados los documentos de planificación de mayor relevancia en este período, se presenta el análisis de la cartografía de ocupación urbana para el período 84-90 (Figura 3-20). La primera impresión que se puede obtener a la vista de la cartografía, es la de que no se produce un incremento tan acusado como el acontecido durante el período anterior (77-84), dominado por los importantes incrementos del suelo industrial. Aparecen sin embargo algunos desarrollos industriales en las cercanías de la N-432, que se configura como un importante eje de desarrollo industrial, especialmente en las proximidades a los núcleos de Maracena y Atarfe. Muchas de estas y otras implantaciones industriales surgirán sin una idea preconcebida de organización configurando un entorno desvirtuado (Dirección General de Urbanismo, 1987). También aparecen crecimientos industriales en la conurbación de Armilla- Churriana, y algunas zonas muy dispersas el paisaje agrario de la Vega, que se ubicarán allí como consecuencia de los precios más bajos del suelo (Dirección General de Urbanismo, 1987).

En lo que respecta a las zonas residenciales, igualmente no se encuentran desarrollos tan importantes como los del período anterior. En la ciudad de Granada los crecimientos tienden a ocupar la margen oeste de la ciudad y a rellenar algunos de los vacíos existentes en ciertas áreas. Aparecen crecimientos dispersos en las zonas de los núcleos más cercanos, especialmente en la zona Sur en el término municipal de Ogjares, o en la zona Norte, con la aparición de algunas zonas residenciales asociadas a núcleos consolidados o bien independientes de los mismos. Estos crecimientos tienen que ver en muchas ocasiones con el espectacular incremento de la vivienda secundaria comentado anteriormente.

INCREMENTO OCUPACIÓN URBANA 84-90

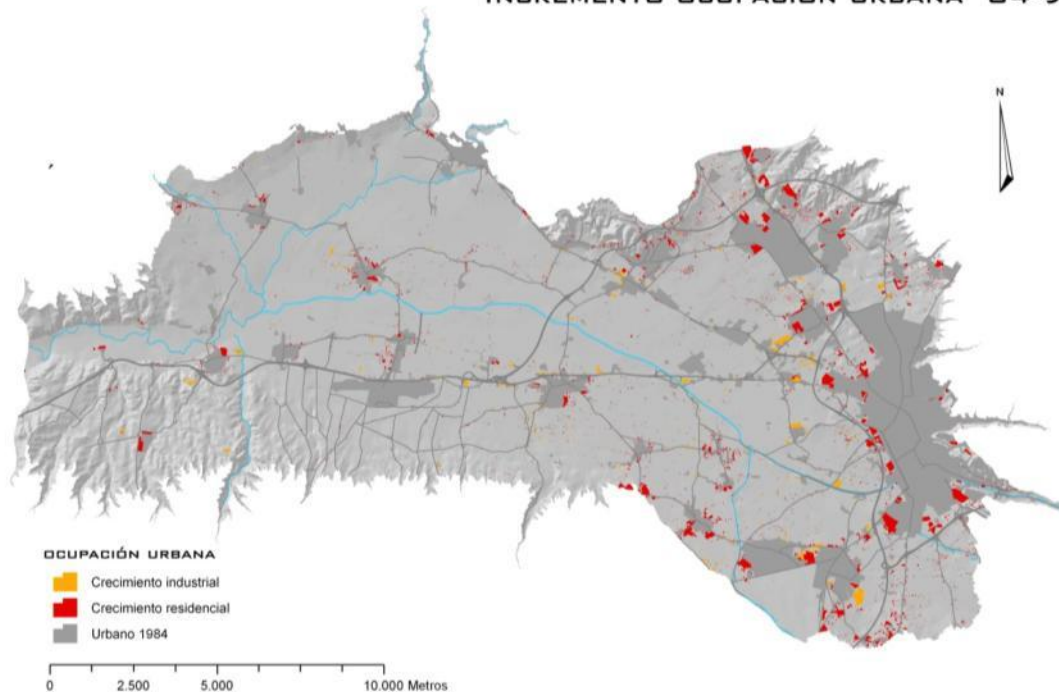


Figura 3-20: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1984-1990

Si se analizan los valores de ocupación de suelo urbano a nivel municipal, los cuales quedan recogidos en la Tabla 3-5, se puede observar esa ralentización en comparación con el período anterior de intenso crecimiento.

MUNICIPIO	SUPERFICIE URBANA 1990	% CRECIMIENTO 84-90
Albolote	289,97	21,93
Armillá	175,48	12,04
Atarfe	226,01	14,45
Chauchina	189,28	6,78
Churriana	153,17	21,18
Cijuela	47,75	4,27
Cúllar Vega	60,72	53,33
Fte Vaqueros	93,52	24,91
Gabias	67,60	58,09
Granada	1754,83	8,24
Jun	40,26	22,21
Láchar	77,88	37,76
Maracena	158,58	28,64
Ogíjares	67,00	145,26
Peligros	215,79	14,44
Pinos puente	208,82	13,13
Pulianas	61,10	39,07
Santa Fé	237,23	16,00
Vegas del Genil	91,24	40,07
TOTAL	4216,24	15,62
CORONA	2461,41	21,53

Tabla 3-5: Ocupación de Suelo Urbano por Municipios 1990.

A pesar de todo, los crecimientos en algunos términos municipales son de una magnitud considerable. Los mayores incrementos porcentuales se producen en el término municipal de Ogijares, que como se señaló no se encuentra incluido en su totalidad en el ámbito de estudio. Otros crecimientos porcentuales importantes se encuentran en el municipio de las Gabias y en el de Cúllar Vega (importantes lugares de desarrollo de viviendas secundarias unifamiliares con parcela), ambos con un incremento superior al 50 %, así como el término municipal de Vegas del Genil con un 40%. La ciudad de Granada experimenta un crecimiento modesto, de un 8,25 %, para un período de 6 años, lo que muestra la tendencia general de una pérdida de peso de la capital en favor de los núcleos de la corona. Este hecho queda patente al comparar los valores de crecimiento total (15,6 %), Corona (21,5 %) y capital (8,25 %)

En lo que respecta a la relación entre las superficies industrial y residencial, la Figura 3-21 muestra los valores del reparto superficial por municipios para este período.

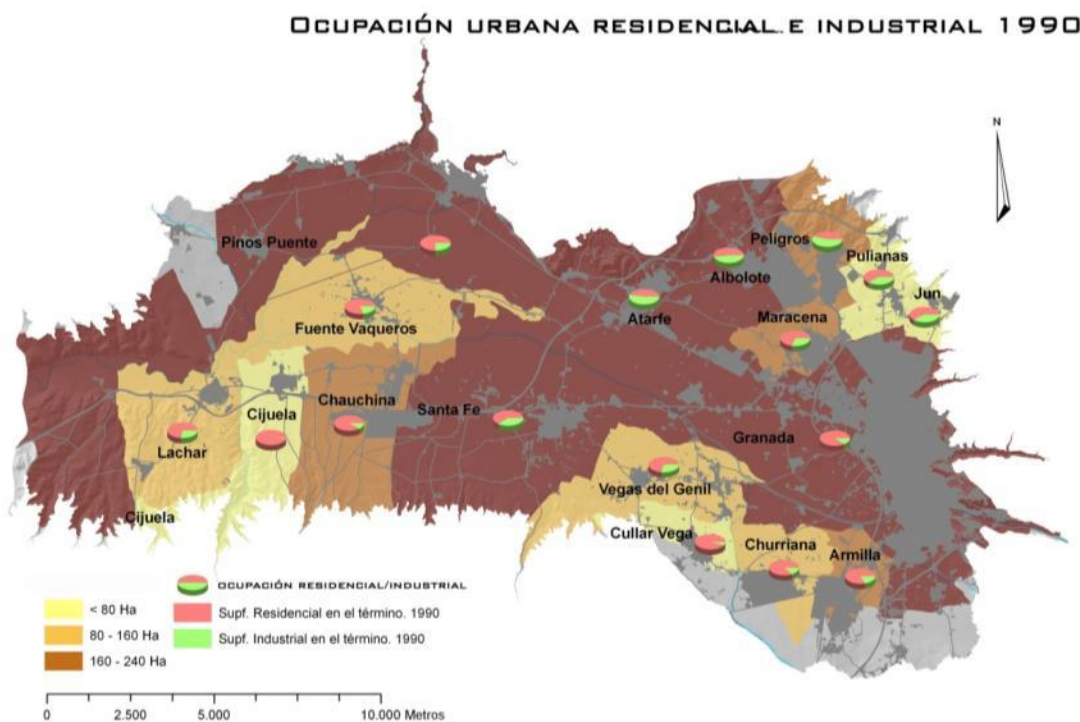


Figura 3-21: Superficie urbana residencial e Industrial municipal. 1990.

Para finalizar el análisis de este período, y a modo de resumen, se puede afirmar que se trata de un período en el que continúa el crecimiento de la ocupación urbana, aunque a un ritmo menor que el establecido en el período 77-84. Buena parte de los crecimientos que tienen lugar en este período se producen en los municipios de la corona metropolitana, con motivo del auge de la segunda residencia y su posterior comienzo en reconversión en vivienda habitual. En este sentido, la materialización de los planeamientos a nivel municipal y las diferencias de la política de vivienda entre los distintos municipios, detectada ya por algunos de los trabajos de la Dirección General de Urbanismo, tendrán buena parte de la responsabilidad de este proceso. Se trata pues de un período de crecimiento residencial descoordinado, con escasa idea metropolitana que continuará en la siguiente etapa y que paso a paso contribuye a la formación de la actual Aglomeración Urbana.

3.5 EL PERÍODO 1990-1999. LA CRISTALIZACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA.

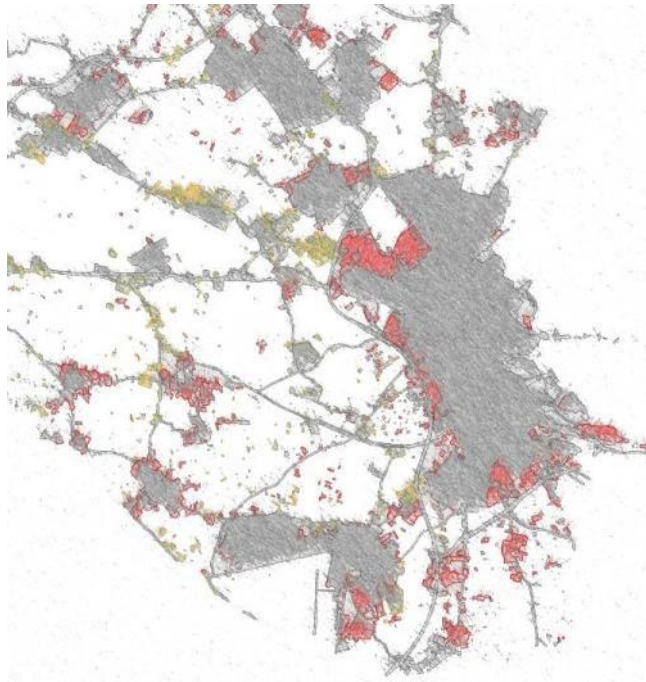


Figura 3-22: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1990-1999

El período 90-99 se caracteriza principalmente por la consolidación de los núcleos de la corona de la AUG como importantes áreas de crecimiento, a la vez que por presentar en su conjunto unas tasas de crecimiento destacables. Se ha empleado el término *cristalización* para designar este período, como apunta Menor (2000), a la vista del proceso experimentado por muchos de los núcleos que conforman la corona metropolitana, que antes parecían mucho más aislados entre sí, (algunos de los cuales conservaban aún ese aspecto de núcleos rurales que anteriormente se les atribuía en el epígrafe 3.2), y que parecen ahora unirse, acercarse entre sí para formar una nueva estructura urbana, muchas veces desordenada, pero que en cualquier caso parece ahora ser compartida. Igualmente parecen seguir presentes aún algunas de las propuestas de conurbación planteadas en el plan comarcal del 73, y es por ello que la formación de la Aglomeración Urbana no parece constituir un éxito en sí, sino que es más bien la consecuencia de la política municipal individual expansiva que muchas veces llevará a los núcleos urbanos al encuentro.

Los ejemplos a este respecto son varios: Conurbación Maracena - Granada, Conurbación Churriana - Armilla-Granada, Vegas del Genil - Cúllar Vega - Las Gabias... Todos ellos constituyen un proceso muy negativo para el entorno agrourbano de la AUG, al ocasionar procesos de asilamiento e insularización de los diferentes sectores del paisaje (Figura 3-23).



Figura 3-23: Proceso de conurbación Armilla-Granada (1984, 1999 y 2004),

Buena parte de la responsabilidad de esta cristalización del área metropolitana la tiene la importante mejora de la red viaria que tiene lugar tanto en este período como en el anterior, especialmente con el trazado de la ronda de Circunvalación de Granada (A-44 a su paso por Granada), la “Ronda Sur” (A-395) y la autovía vertebradora de Andalucía, A-92 igualmente a su paso por Granada. Estas vías, supondrán una importante mejora de la accesibilidad dentro de la Aglomeración (Capítulo 4), potenciando la movilidad interna en la comarca y permitiendo alejar las zonas de residencia de los centros de trabajo (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999), muchos de los cuales se continuarán localizando en la ciudad de Granada. Este hecho vendrá a confirmar la tendencia anteriormente descrita de la transformación de la segunda residencia en primera y de la consolidación de los núcleos de la corona como zonas importantes dinámicas de incremento en la ocupación de suelo frente a una pérdida de peso de la ciudad de Granada.

3.5.1 PLANEAMIENTO (90-99)

Los importantes cambios esbozados líneas atrás vienen acompañados de dos documentos de planeamiento de distinto carácter y ámbito, pero que constituyen dos hitos importantes en la planificación de la AUG. El primero de ellos es el Plan Especial de Protección de la Vega de Granada, de 1991, que viene a reflejar una situación tendente al deterioro de este espacio productivo y que venía a reconocer por otra parte su importante valor paisajístico, productivo y de estratégico vacío metropolitano. El siguiente es el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada, de 1999, localizado en la línea temporal al final de este período. Este Plan viene a reconocer la condición metropolitana del ámbito de estudio y será un intento de superar la óptica reduccionista de enfoque municipal para resolver problemas de una escala superior.

3.5.1.1 EL PLAN DE PROTECCIÓN DE LA VEGA DE GRANADA DE 1991

El primer documento que ve la luz en este período es el “Plan Especial de Protección de la Vega de Granada” (Ayuntamiento de Granada, 1991) que surgió de acuerdo con los objetivos e intenciones del Plan General de Ordenación Urbana de 1985, así como, en cierta forma, por la recomendación más o menos expresa del Plan Especial de Protección del Medio Físico, para la elaboración de un Plan para la comarca de la Vega de Granada. Sin embargo el “Plan de la Vega”, que debía tener un ámbito supramunicipal, fue únicamente elaborado por el municipio de Granada para su término municipal, debido a la falta de acuerdo con otros municipios del ámbito de estudio, lo cual constituía, ya de por sí, un cierto fracaso. Los principales objetivos del Plan eran compatibilizar los usos existentes históricamente en la Vega con las actividades de ocio y disfrute de los ciudadanos, incrementando la permeabilidad Ciudad-Vega (Ayuntamiento de Granada, 1991) rota con la construcción de la ronda de circunvalación(Figura 3-24), pero todo ello desde una óptica excesivamente proteccionista (Menor, 2000)



Figura 3-24: Obras de construcción de la A-44 a su paso por Granada en 1988. La elaboración de la ronda de circunvalación supuso una ruptura de la conectividad entre la ciudad de Granada y el paisaje agrario de la AUG.

Para abordar estos objetivos fundamentales el plan establece una zonificación que consistía en las siguientes categorías:

- Zonas de Protección Agrícola
- Zonas de Protección Agrícola-Arbórea
- Zonas de Protección Agrícola-Activa
- Zonas a Regenerar
- Zonas de contacto suelos urbanos-urbanizables
- Zona Agrícola Residual
- Zona de Huertas familiares.

En la Figura 3-25 se puede observar dicha zonificación. La zona central del ámbito quedaba catalogada bajo la figura de Protección Agrícola, el sector más occidental bajo la de Protección Agrícola Arbórea, coincidiendo con las zonas de cultivos de choperas⁷; el sector localizado al Sur del río Beiro quedaba zonificado como Protección Agrícola activa y la zona más próxima a Granada bajo la categoría de Zona a Regenerar, debido a su estado de degradación.

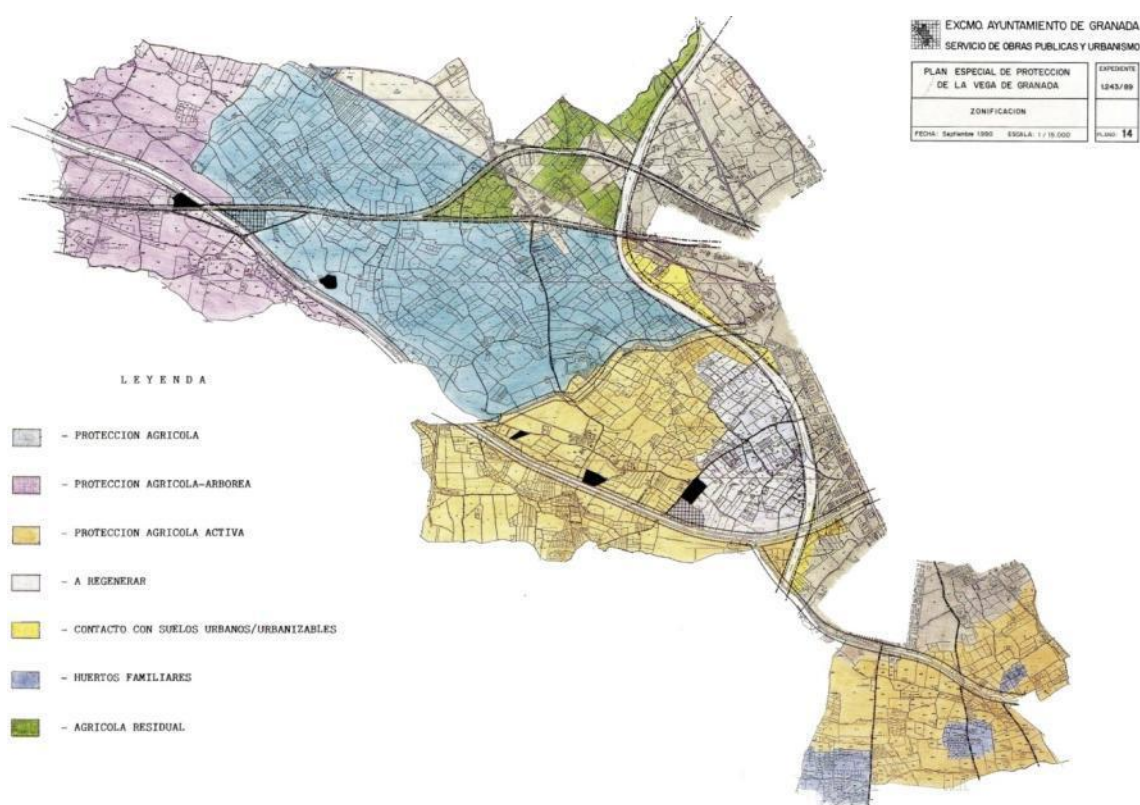


Figura 3-25: Zonificación del Plan Especial de Protección de la Vega de Granada. (Fuente: Ayuntamiento de Granada, 1991)

Otro instrumento interesante del Plan era la elaboración de un catálogo de las actuaciones urbanísticas irregulares existentes hasta la fecha en su ámbito de actuación, todo ello con un elevado grado de detalle. En él se llevaba a cabo la identificación y catalogación de múltiples parcelaciones ilegales con objeto de su urbanización. Sirve de ejemplo, la ficha de identificación de la urbanización ilegal denominada "Caballo Blanco" (Figura 3-26), a la que ya se había hecho referencia en el análisis de los cambios de ocupación acontecidos en el período 77-84 (Epígrafe 3.3.2 y Figura 3-14).

⁷ Véase Capítulo 6.

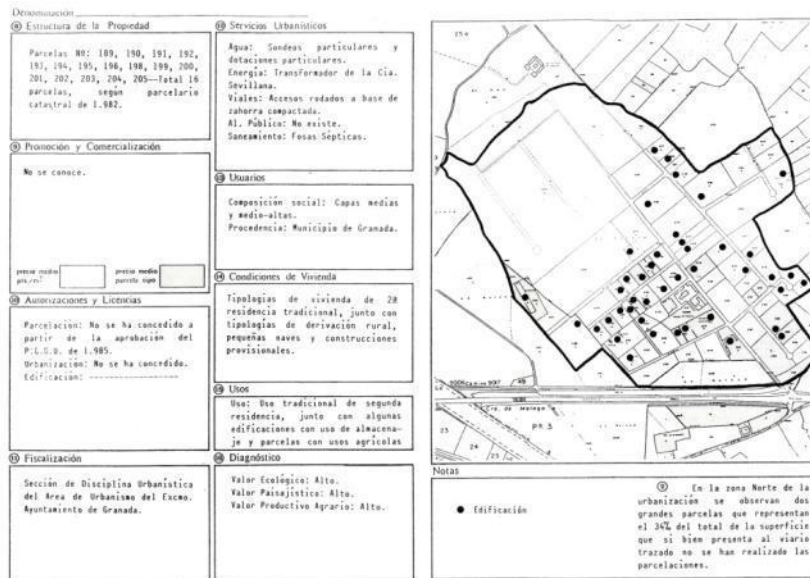


Figura 3-26: Ficha de Urbanización catalogada como ilegal por el Plan Especial de Protección de la Vega, denominada "Caballo Blanco". (Fuente Ayuntamiento de Granada, 1991)

A pesar del exhaustivo trabajo de identificación de estas edificaciones ilegales existentes, y de la zonificación propuesta, el Plan no consiguió dar una solución al creciente problema de la ocupación urbana de la Vega, a la vez que fracasaba igualmente en la aplicación de las directrices y propuestas establecidas para las diferentes zonas establecidas. Una de las posibles causas de la falta de aplicación y de consecución de sus objetivos radica en el cambio de voluntad política que se produce apenas 3 años después, que queda patente en el avance del PGOU de Granada en 1994 (el cual no sería aprobado definitivamente hasta 2001) "...recuperar la Vega es hoy día un ideal que choca con su actual degradación y pérdida de papel agrícola y económico, mientras que cada vez es mayor la demanda de ajustar estos suelos a nuevos usos..." (Ayuntamiento de Granada, 1994)⁸. Igualmente la escasez de propuestas y actuaciones para incrementar la conexión Granada-Vega o para el disfrute de dicho paisaje como lugar de ocio y esparcimiento metropolitano, contribuirían a su fracaso.

3.5.1.2 EL PLAN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA AUG DE 1999.

Finalmente, tras el fracaso del Plan de Protección de la Vega, y la interinidad del PGOU de Granada de 1985 que se postergó hasta 2001, fecha en la que se aprobaría el plan vigente en la actualidad⁹, se puede señalar sin duda que el documento de planificación más relevante que se produce en este período es el "Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada" (POTAUG) (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999) (Figura 3-27). Se trata de un Plan Subregional elaborado según las directrices de la Ley de Ordenación del Territorio de Andalucía de 1994 (Ley 1/94) que presenta como ámbito de la actuación la comarca de Granada, a la que define como "un área metropolitana en ciernes", y para la que reconoce es necesario un planeamiento subregional unitario. Sin embargo, su aprobación se produce al final del presente período de análisis, lo que permite el mantenimiento de la situación de falta de perspectiva metropolitana durante todo este período.

⁸ A todas luces parece una afirmación deliberadamente exagerada, puesto que no es tal el estado de degradación del espacio agrario incluso en la actualidad.

⁹ Actualmente la propuesta de nuevo Plan se encuentra en fase de avance (2008)

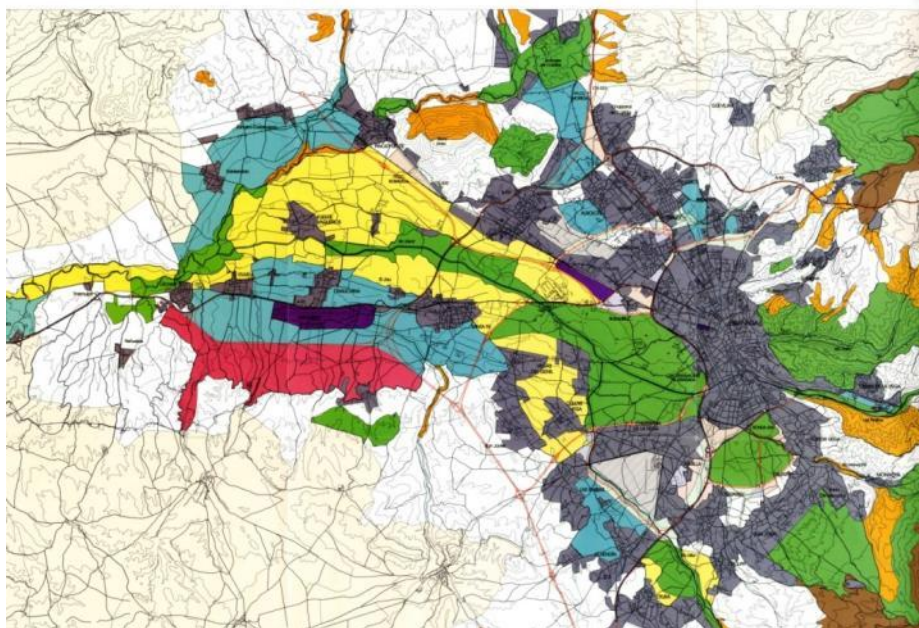


Figura 3-27: Plan de Ordenación del Territorio de la AUG. Zonas con vinculación de usos.

De esta forma, a través del análisis presentado en el plan, el documento detecta en el área de estudio 5 disfuncionalidades principales generadas en el proceso de aglomeración:

- Consumo innecesario de recursos ambientales generado por el proceso de aglomeración, especialmente en lo que respecta a la destrucción del paisaje y de los espacios de valor ambiental.
- Falta de paralelismo entre la ciudad estructural y la ciudad funcional, esto es una falta de correspondencia entre el comportamiento de la aglomeración, que se comporta como una única ciudad y la forma de la misma, puesto que no existe, según el plan, un sistema suficiente de comunicaciones (sobre todo en lo que respecta a transporte público) ni un sistema de espacios libres de la aglomeración
- Sistema urbano tendente hacia el desorden, con la generación de enormes expectativas y tensiones especulativas y la destrucción de las estructuras territoriales y municipales.
- Falta de dotación de servicios a los ciudadanos de la aglomeración, debido a la inadecuación del sistema de transporte público, falta de adecuación y jerarquización de los servicios dotacionales, y excesiva concentración de los servicios terciarios en la capital.
- Cada vez mayores dificultades de mejora y modernización de los recursos productivos agrícolas e industriales.

Para paliar estas problemáticas el plan establece un conjunto de estrategias y objetivos de desarrollo. En lo que respecta a los sistemas de espacios libres y al tratamiento de las áreas naturales/agrícolas periurbanas¹⁰, el plan establece un sistema de espacios libres extensivos (áreas) de la Aglomeración, que a su vez son articuladas por un conjunto de espacios libres lineales (senderos, rutas, etc) (Figura 3-28), para cada uno de las cuales se presenta una ficha detallada del conjunto de actuaciones necesarias propuestas para consolidar o impulsar dicho sistema. Sin embargo, muchas de las actuaciones planteadas en el Plan, a fecha de 2008 aún no se han llevado a cabo, especialmente las referidas al sistema de espacios lineales. De esta forma, las propuestas de "revegetación" de los cauces

¹⁰ Únicamente se va a hacer referencia a algunas de las propuestas y estrategias del sistema de espacios libres por no ser el objetivo de este trabajo evaluar exhaustivamente los diferentes planes, así como por ser uno de los elementos de mayor interés en relación con los planteamientos de la tesis.

del río Genil y Monachil son claros ejemplos de buenas actuaciones para espacios libres lineales que sin embargo no se han acometido actualmente. Además, en otras ocasiones se pueden encontrar deficiencias en las actuaciones planteadas, valgan de ejemplo algunos de los itinerarios propuestos por el plan en el marco del sistema de espacios libres, para los cuales no se ha propuesto ningún tipo de tratamiento o integración con el sistema viario de la Aglomeración (Figura 3-29).



Figura 3-28: En verde Sistema de Espacios Libres extensivos, y en marrón, sistema de espacios libres lineales establecidos para el ámbito de estudio por el POTAUG.

De esta forma se puede señalar que el Plan establece un conjunto de actuaciones positivas en lo referente a la articulación del sistema de espacios libres, que por otra parte es mejorable, pero cuyo principal fracaso radica en la falta de adopción de las mismas. Este hecho conducirá a una situación de inmovilismo total y por ende a una inexistencia práctica del sistema de espacios libres planteado.



Figura 3-29: Cruce de itinerario principal del sistema de espacios libres (Sector A2, Vega Alta) con vía metropolitana (Conexión Granada –la Zubia). Se observa la falta de integración de ambos sistemas.

3.5.2 EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO.

Presentado el POTAUG como el principal documento de planificación, que sin embargo tiene como fecha de entrada en vigor el año 1999, el período comprendido entre 1990 y 1999 muestra unos años de importante dinamismo en lo que a incremento de la ocupación urbana se refiere (Figura 3-30)

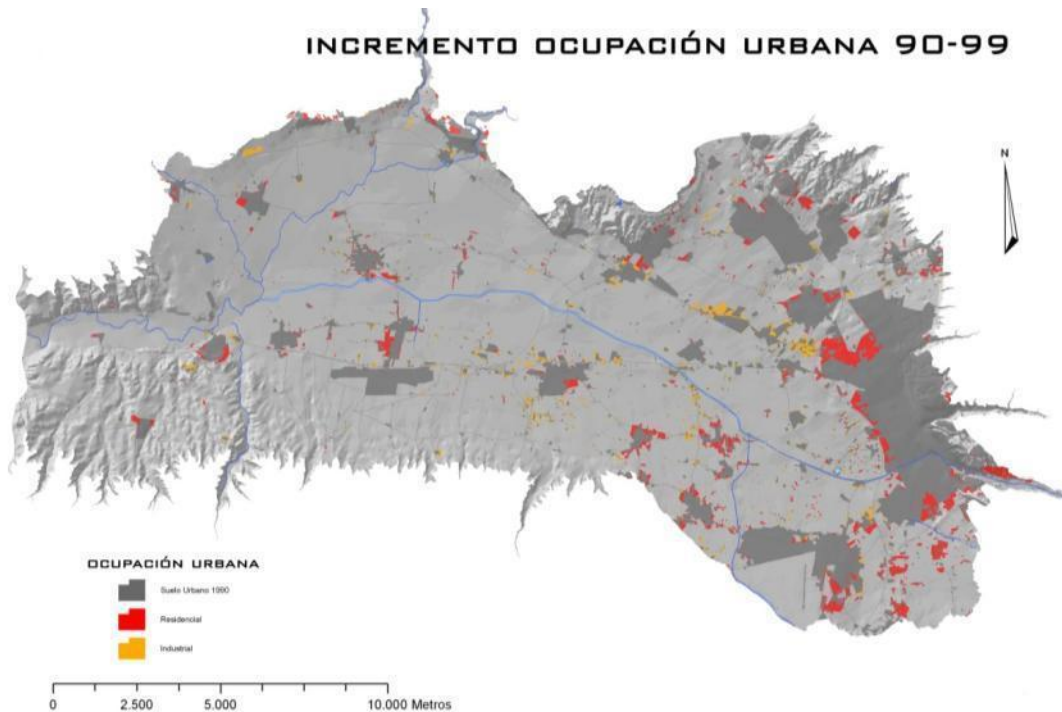


Figura 3-30: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el período 1990-1999

En la figura se observa un importante crecimiento de las zonas residenciales en los núcleos de la corona metropolitana, con destacables incrementos en los núcleos que componen el término municipal de Vegas del Genil, en el término municipal de Ogijares, en los municipios de la zona Norte (Peligros, Albolote), etc. La ciudad de Granada experimenta un crecimiento tendente a rellenar los intersticios existentes entre la ciudad y las rondas de circunvalación construidas a poca distancia de la misma, de tal forma que los crecimientos parecen dirigirse principalmente hacia el oeste hasta la circunvalación (A-44), hacia el Norte y hacia el Sur.

En la zona Noroeste por su parte, siguiendo el trazado de la N-432, siguen produciéndose crecimientos de suelo industrial (en naranja), así como al sur del núcleo de Santa Fé, lugar en el que aparecen múltiples instalaciones industriales de pequeño tamaño muy dispersas. Este hecho también lo podemos observar en el término municipal de Vegas del Genil, en las proximidades del río Genil. Todos estos valores quedan recogidos en la Tabla 3-6 que muestra los cambios en la ocupación de suelo en la AUG de forma esquemática.

Municipio	Superficie Urbana 1999	% Crecimiento 90-99
Albolote	319,35	10,13
Armillá	207,19	18,07
Atarfe	282,63	25,05
Chauchina	220,21	16,34
Churriana	167,60	9,42
Cijuela	53,06	11,10
Cúllar Vega	83,80	38,01
Fte Vaqueros	122,50	30,98
Gabias	83,77	23,91
Granada	2074,59	18,22
Jun	51,75	28,54
Láchar	109,14	40,14
Maracena	189,50	19,50
Ogijares	110,24	64,54
Peligros	237,58	10,10
Pinos puente	255,38	22,30
Pulianas	81,64	33,62
Santa Fé	306,44	29,17
Vegas del Genil	163,13	78,79
CORONA	3044,92	23,71
TOTAL	5119,51	21,42

Tabla 3-6: Superficie urbana y e incremento en la ocupación para el período 90-99

En dicha tabla se puede observar que el municipio que mayor crecimiento experimenta en este período es Vegas del Genil (uno de los términos municipales más rurales años atrás, ver Figura 3-6) con un incremento de suelo urbano de casi el 80 % de la superficie construida en 1990, situándose en 1999 por encima de las 150 ha de suelo ocupado. Le siguen otros municipios con crecimientos importantes, como Ogijares¹¹, con un crecimiento de casi el 65 % de su superficie construida, situándose en 110 ha ocupadas en 1999. El Municipio de Láchar, situado en la zona más occidental del área de estudio, experimenta un crecimiento del 40 % de la superficie de ocupación urbana, situándose en casi 110 ha de suelo urbano. Por otra parte, los municipios con un menor crecimiento son los de Churriana y Peligros, ambos con un crecimiento del 10 % de su superficie construida, lo que, por otra parte, no supone una cifra desdeñable si se tiene en cuenta que el período contemplado es de únicamente 9 años.

Para analizar los crecimientos de suelo industrial por separado para este período, la Tabla 3-7 recoge las superficies municipales de suelo industrial ocupado, así cómo los incrementos para este período. Igualmente estos mismos valores se hacen patentes de forma gráfica en la Figura 3-31.

¹¹ Un crecimiento elevado en % para el caso de este municipio puede estar ocasionado por la no inclusión del núcleo principal de población en el ámbito de estudio.

Municipio	Superficie Industrial 1999 (ha)	Incremento Superficie Industrial (ha) (90-99)
Albolote	139,69	77,75
Armillá	33,87	19,54
Atarfe	138,71	96,39
Chauchina	19,92	9,94
Churriana	22,10	15,19
Cijuela	0,74	1,42
Cúllar Vega	3,25	4,03
Fte Vaqueros	20,36	19,93
Gabias	10,68	14,61
Granada	208,31	11,16
Jun	16,71	47,69
Láchar	24,22	28,52
Maracena	50,96	36,78
Ogijares	16,37	17,43
Peligros	118,30	99,17
Pinos puente	60,14	30,80
Pulianas	27,22	50,02
Santa Fé	112,04	57,64
Vegas del Genil	31,83	24,25
TOTAL	1055,41	25,97

Tabla 3-7: Superficie de suelo Industrial ocupado por municipios en 1999

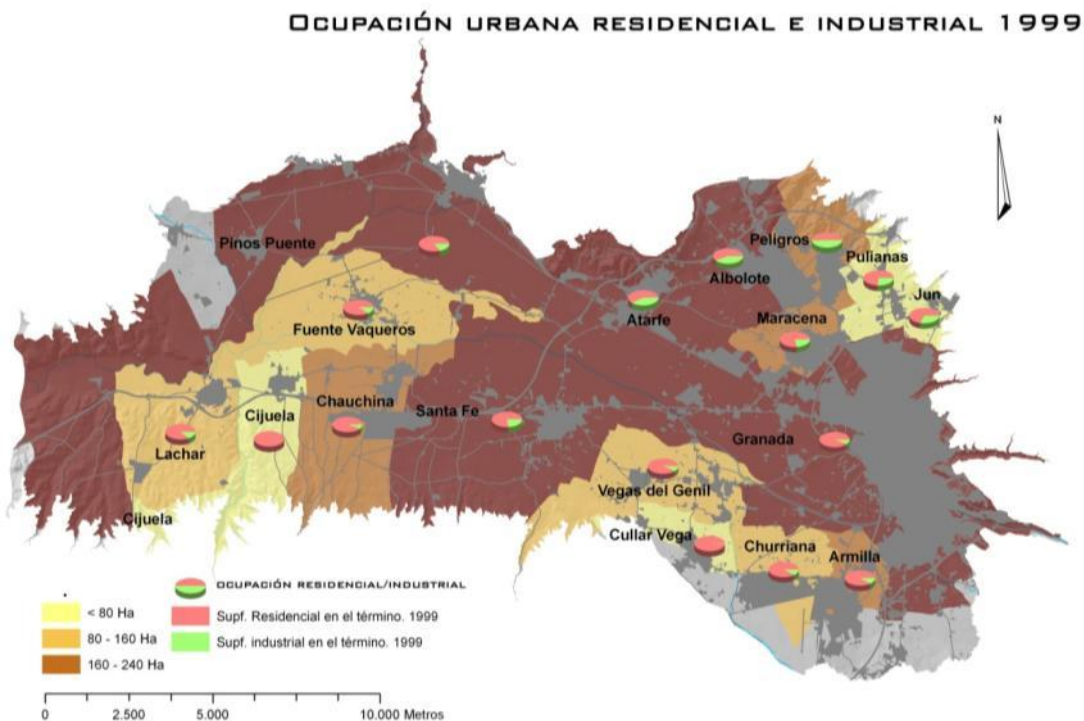


Figura 3-31: Superficie urbana residencial e Industrial municipal. 1999

A modo de resumen, se puede concluir que el presente período se convierte en uno de los más decisivos para la formación de la actual AUG, especialmente por la consolidación de los núcleos de la corona, que se convierten en una alternativa atractiva de vivienda a la capital, debido a los precios más bajos; así como por la mayor articulación de la movilidad intrametropolitana como consecuencia de la construcción de las nuevas infraestructuras viarias (Capítulo 4). Desde el punto de vista del planeamiento se produce igualmente el reconocimiento de este ámbito de estudio como un ámbito metropolitano a través de la redacción del Plan Subregional de Ordenación del Territorio, que trata de construir un marco subregional común en el que desarrollar la planificación municipal.

3.6 EL PERÍODO 1999-2004. LA CONFIRMACIÓN DE UNA TENDENCIA

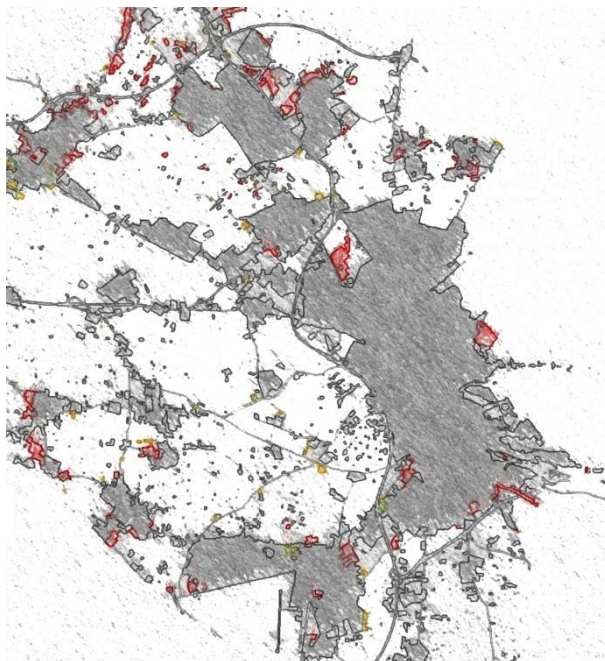


Figura 3-32: Esquema del crecimiento urbano en la capital granadina y en los núcleos cercanos a ella. 1999-2004

El período 1999-2003, último de los analizados, es quizás demasiado breve para poder sacar conclusiones relevantes, puesto que supone 4 años con respecto a los anteriores períodos de en torno a 7-10. En cualquier caso, se trata de una etapa importante que viene marcada por la entrada en vigor del POT AUG y porque además parece advertirse que se confirma la tendencia de ocupación y aglomeración urbana mostrada en las etapas anteriores, con un crecimiento predominante de la corona metropolitana, que quedará patente en los porcentajes de ocupación municipal.

En lo que respecta a los incrementos de ocupación urbana, parecen ralentizarse en su magnitud, a la vez que se localizan en aquellas zonas catalogadas como urbanizables en el Plan Subregional (Figura 3-33). Tampoco existen en cualquier caso actuaciones a nivel infraestructural que condicionen o dirijan los crecimientos hacia nuevas zonas, tal y como sucedió en el período anterior con la construcción de las dos principales vías metropolitanas (A-44 y A-92)

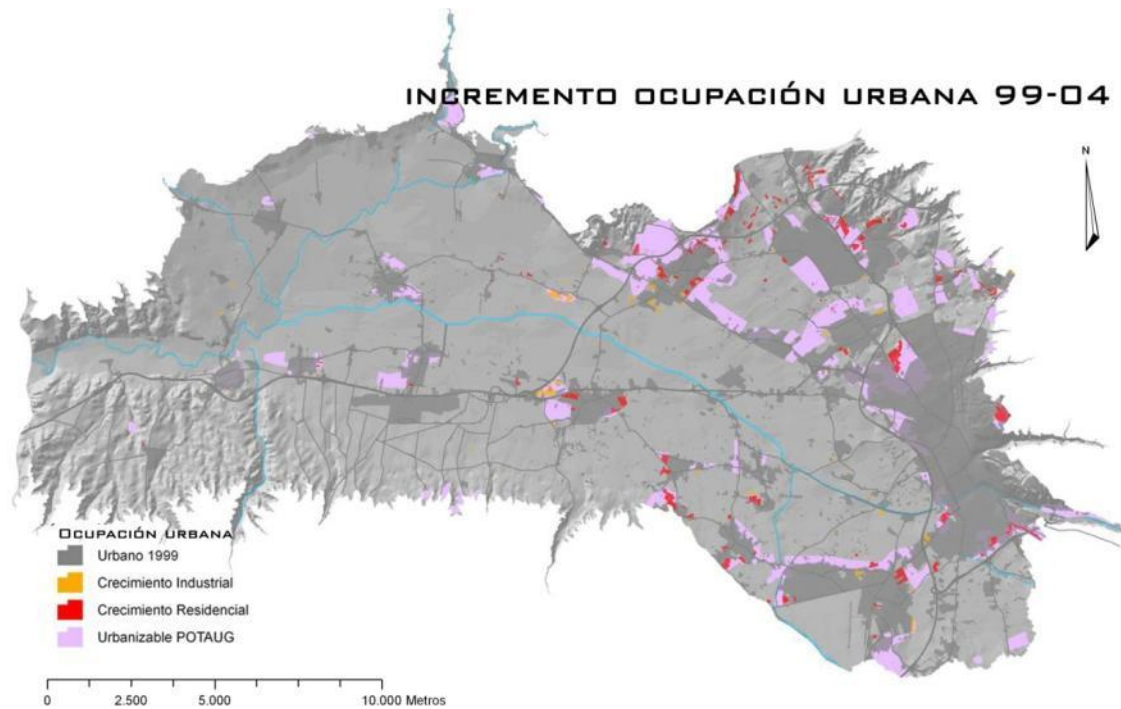


Figura 3-33: Incremento de la ocupación Urbana (residencial e industrial) en el periodo 1999-2004 y suelo urbanizable en el POT AUG

Así pues se observa como la mayor parte de los crecimientos suelen producirse agregados a los principales núcleos de población, (Granada, Armilla, Santa Fé...), aunque son también importantes algunas nuevas ocupaciones en la zona norte que siguen un patrón muy disperso, de acuerdo con las características de la segunda residencia, dominante en dicha zona, y que no se ubican en las zonas urbanizables establecidas por el POT AUG.

La Tabla 3-8 muestra el % de incremento en la ocupación de suelo para cada uno de los municipios en este periodo. Los crecimientos en la ciudad de Granada son escasos, del orden del 2-3%, produciéndose principalmente en la zona Norte, mientras que para el caso de los municipios de la corona metropolitana algunos como Vegas del Genil (15 %) o Gabias (15%) son los que acumulan un mayor crecimiento porcentual, en un periodo de apenas 5 años.

MUNICIPIOS	Superficie Urbana 2003	% Crecimiento 99-03
Albolote	353.33	10.64
Armillá	222.80	7.54
Atarfe	316.53	12.00
Chauchina	221.73	0.69
Churriana	175.25	4.57
Cijuela	54.32	2.37
Cúllar Vega	89.34	6.62
Fte Vaqueros	133.25	8.77
Gabias	96.77	15.51
Granada	2127.24	2.54
Jun	56.38	8.94
Láchar	110.15	7.69
Maracena	198.17	4.57
Ogijares	112.99	2.49
Peligros	265.80	11.87
Pinos puente	260.88	2.15
Pulianas	87.32	6.96
Santa Fé	335.22	9.39
Vegas del Genil	188.80	15.73
TOTAL	5406.26	5.60
CORONA	3044,92	7.69

Tabla 3-8: Superficie urbana y crecimientos para 1999-2003

En cualquier caso el período de análisis es demasiado breve para aventurar conclusiones similares a las presentadas para los períodos anteriores, por lo que finalmente se comentarán los resultados del cambio en la ocupación para el todo el arco temporal analizado en el trabajo

3.7 EL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN URBANA: RECAPITULACIÓN 1977-2004

A continuación se presenta un pequeño resumen de la evolución de la ocupación del suelo en el período 77-04, como base para la formulación de las necesarias conclusiones de este epígrafe. En primer lugar, si se analizan los valores de ocupación de suelo a nivel municipal para el año 2004 (Tabla 3-9) así como el incremento en ocupación de suelo que ha tenido lugar a lo largo de todo el período de análisis (Figura 3-34), se puede observar los importantes crecimientos porcentuales en la ocupación de suelo que han tenido lugar en los distintos municipios, que en muchas ocasiones multiplican su superficie urbana por 5 o 6 veces.

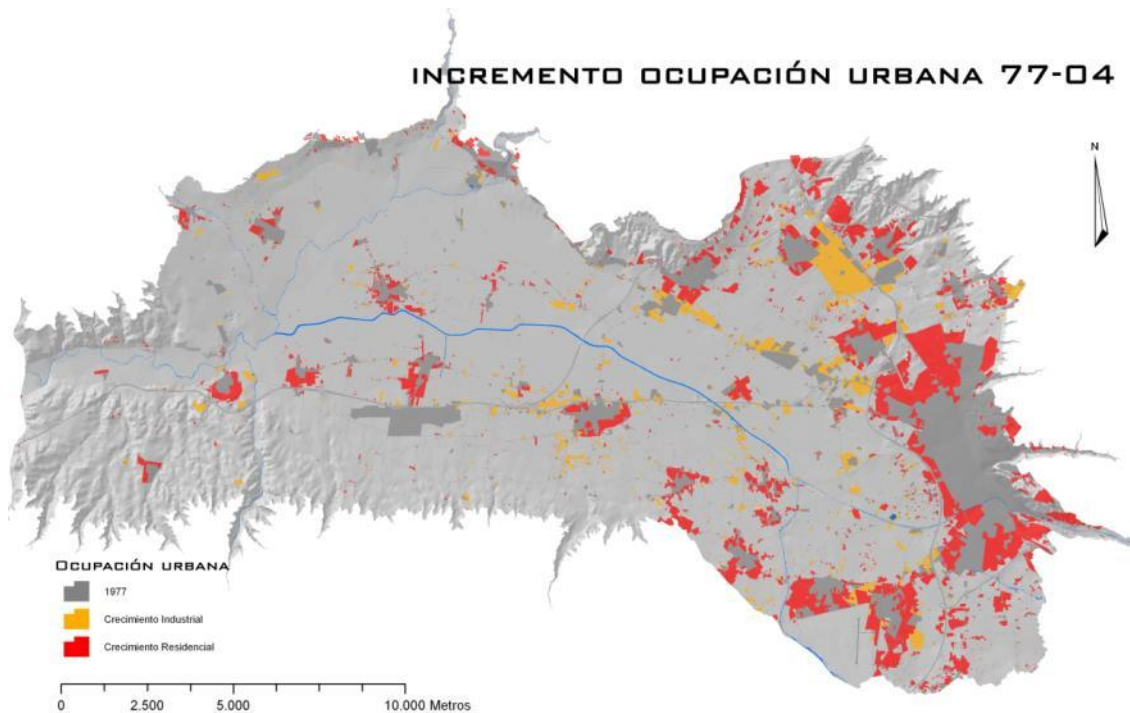


Figura 3-34: Incremento de la ocupación urbana. 1977-2004

Los municipios que mayor crecimiento porcentual presentan, a parte de los Municipios de Gabias y Ogijares, cuyo término municipal no se encuentra comprendido totalmente en el ámbito de estudio y cuyos datos por tanto deben ser tomados con cautela, son los de Albolote (un 322%), Jun, (un 347 %), Vegas del Genil (un 246 %), Láchar (un 230 %) y Peligros (un 220 %). En cambio, los que menor crecimiento porcentual presentan son por el contrario Chauchina, Pinos Puente o Granada. Este hecho se produce debido al valor relativo (porcentual) de los datos presentados en la tabla, que puede esconder importantes crecimientos en términos absolutos, como sucede en el caso de Granada. En cualquier caso, a nivel global se puede observar un incremento de la ocupación urbana en toda la AUG del 117 %, lo que indica un crecimiento de la superficie ocupada de más del doble en relación con lo ocupado apenas 30 años antes (los valores de ocupación urbana pasan de menos de 2500 Ha en 1977 a una superficie de más de 5400 Ha en 2004)(Figura 3-35). Estos valores resumen por sí mismos las extraordinarias transformaciones de la ocupación urbana que han tenido lugar en el ámbito de estudio.

Municipio	Superficie Urbana 2003	% Crecimiento con respecto a 1977
Albolote	353,33	322,87
Armillá	222,80	145,45
Atarfe	316,53	100,24
Chauchina	221,73	44,47
Churriana	175,25	189,59
Cijuela	54,32	209,05
Cúllar Vega	89,34	183,62
Fte Vaqueros	133,25	136,30
Gabias	96,77	476,27
Granada	2127,24	79,17
Jun	56,38	346,33
Láchar	110,15	231,46
Maracena	198,17	183,44
Ogijares	112,99	901,80
Peligros	265,80	219,20
Pinos puente	260,88	58,03
Pulianas	87,32	131,05
Santa Fé	335,22	106,87
Vegas del Genil	188,80	246,63
TOTAL	5406,26	117,50

Tabla 3-9: Crecimiento de la ocupación de suelo por municipios 77-2003

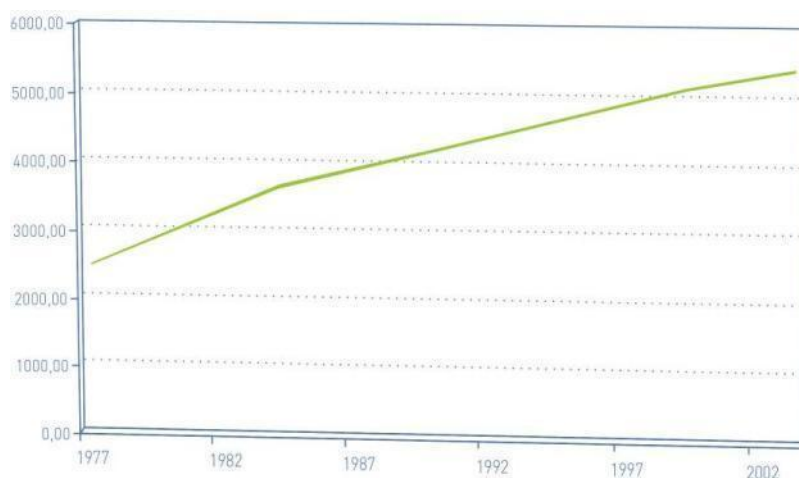


Figura 3-35: Evolución de la superficie (Ha) construida en el AUG.

3.8 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA OCUPACIÓN URBANA

Para finalizar el presente capítulo, se presentan las principales conclusiones que se pueden extraer del análisis del cambio en la ocupación urbana en la AUG. Estas son:

- La AUG ha experimentado una importante transformación en lo que a ocupación urbana respecta, con un incremento de más del 100 % en la ocupación de suelo destinado a usos residenciales e industriales

- La distribución espacial de estos incrementos en la ocupación (Figura 3-34) ha sido desigual, como igualmente mostraban las cifras de la Tabla 3-9. Sin embargo, se puede observar cómo la ciudad de Granada así como los núcleos que constituyen la primera corona metropolitana, han experimentado buena parte de los crecimientos, dando lugar a un fuerte proceso de aglomeración, en muchos casos a través de fenómenos de conurbación entre diversos municipios.
- Algunos de los municipios que mayor incremento en la ocupación urbana han experimentado han sido municipios de carácter rural, en principio como lugares de segunda residencia y posteriormente como lugares de vivienda habitual, lo que ha generado una importante dependencia de dichos núcleos de la capital en lo que a la prestación de servicios respecta.
- Por otra parte se puede señalar la existencia a lo largo de todo el período de un proceso de especialización en lo que a usos industriales se refiere, que se localizan principalmente en la zona situada al Norte de Granada y en las cercanías de algunos ejes de comunicación como la N-432, como revelan los valores de ocupación industrial existente en dichos municipios. Municipios como Albolote, Peligros o Atarfe se convierten en importantes núcleos de concentración de los usos industriales, gracias a su situación estratégica junto a las principales vías de movilidad metropolitana.
- A pesar de la tendencia a la formación de una Aglomeración Urbana, los documentos de planificación mostrados no han tratado de forma integral la realidad metropolitana del ámbito de estudio hasta la redacción del Plan de Ordenación del Territorio de la AUG, en 1999. Este hecho ha ocasionado que muchas de las transformaciones urbanas descritas se hayan producido de forma desordenada y en ocasiones con consecuencias negativas para la movilidad, los espacios agrarios, y la calidad de vida de los habitantes de la AUG (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999)
- Buena parte de los crecimientos que han tenido lugar en lo que al uso residencial se refiere, no han venido justificadas por crecimientos poblacionales en el área de estudio, lo que muestra un uso más extensivo del territorio por parte de la ciudad, que consume cada vez más recurso suelo, con el consiguiente incremento de la insostenibilidad metropolitana (Rueda, 1995).

Enumeradas las principales conclusiones de este capítulo se puede señalar que las dimensiones de la transformación metropolitana descrita para la ocupación urbana, se trasladan igualmente a otros aspectos de interés metropolitano como las infraestructuras viarias y movilidad que ha sufrido una importante transformación como consecuencia de los nuevos lugares de residencia y el trazado de las nuevas infraestructuras; o igualmente el paisaje agrario periurbano que se ha visto afectado por procesos de fragmentación y de alteración de los usos del suelo. Estas otras dimensiones del cambio metropolitano se abordan en los siguientes capítulos.

4. EL CAMBIO EN LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS Y EN LA ACCESIBILIDAD

RESUMEN

En este cuarto capítulo se aborda el estudio de la dinámica de las infraestructuras viarias metropolitanas así como de la accesibilidad en la AUG, como otra de las importantes dimensiones del cambio metropolitano en estrecha relación con la ocupación urbana. Para ello se ha realizado la cartografía de la evolución de la red de infraestructuras en el período de análisis contemplado, lo que ha permitido la posterior evaluación de la accesibilidad a los principales núcleos del ámbito de estudio empleando instrumentos SIG raster basados en superficies de fricción. A continuación un nuevo análisis de accesibilidad se ha planteado, en este caso a los principales nodos de la red de infraestructuras metropolitanas de alta capacidad, con el objetivo de indagar en la relación entre la accesibilidad, como una fuerza motriz de primer orden para el crecimiento urbano, y la ocupación urbana, especialmente a través de nuevos conceptos como la carga o saturación urbana y metropolitana de los nodos.

Palabras clave: Accesibilidad, superficies de fricción, algoritmo coste distancia, nodos viarios, *saturación metropolitana*.

ABSTRACT

Accessibility change resulting from the metropolitan road network development was seen as another important driving force of the metropolitan change. For that reason, metropolitan network development maps and accessibility change maps were obtained by using GIS and cost-surface analysis. These maps were used to explore relationships between accessibility and urban growth through new concepts like *urban saturation per junction* or *metropolitan saturation per junction*

Keywords: Accessibility change, GIS, Cost-Surface, urban saturation, metropolitan saturation

ÍNDICE DE CAPÍTULO

4.	EL CAMBIO EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y LA ACCESIBILIDAD.....	90
4.1	INTRODUCCIÓN:.....	93
4.2	LA CARTOGRAFÍA DE CRECIMIENTO DE LA MALLA VIARIA.....	94
4.2.1	CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA RESIDENCIAL COMPACTA.....	96
4.2.2	CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA RESIDENCIAL DISPERSA.....	96
4.2.3	CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA INDUSTRIAL.....	97
4.2.4	CRECIMIENTO DE LA TRAMA METROPOLITANA DE ALTA CAPACIDAD.....	98
4.2.5	CRECIMIENTO DE LA TRAMA METROPOLITANA SECUNDARIA.....	99
4.3	LOS CAMBIOS EN LA ACCESIBILIDAD: ACCESIBILIDAD A NÚCLEOS URBANOS.....	100
4.3.1	LA GENERACIÓN DE LA SUPERFICIE DE COSTES DE MOVIMIENTO.....	101
4.3.2	CÁLCULO DE LA ACCESIBILIDAD A LOS NÚCLEOS URBANOS.....	103
4.4	ACCESIBILIDAD ACTUAL A LOS NODOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y SATURACIÓN METROPOLITANA DE LOS NODOS.....	107
4.4.1	LOS VALORES DE ACCESIBILIDAD A LOS NODOS DE VIARIOS METROPOLITANOS.....	109
4.4.2	LAS ÁREAS DE INFLUENCIA Y LA CARGA URBANA.....	112
4.4.3	LAS ÁREAS DE INFLUENCIA Y LA CARGA METROPOLITANA.....	115
4.4.4	LA SATURACIÓN METROPOLITANA DE LOS NODOS.....	117
4.5	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO DE LA RED VIARIA Y LA ACCESIBILIDAD.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1:	Esquema de los trabajos del presente capítulo.....	93
Figura 4-2:	Crecimiento de la red viaria en el período 1977-2003.....	95
Figura 4-3:	Evolución de la longitud de la red viaria metropolitana y urbana en km.....	95
Figura 4-4:	Trama urbana residencial compacta.....	96
Figura 4-5:	Trama urbana residencial dispersa.....	97
Figura 4-6:	Trama Urbana industrial.....	98
Figura 4-7:	Trama metropolitana de alta capacidad.....	98
Figura 4-8:	Trama metropolitana secundaria.....	99
Figura 4-9:	Algunas actuaciones viarias propuestas por el POTAUG asumibles como parte de la trama viaria secundaria en la zona de la Vega Sur, entre la ciudad de Granada y las localidades de Cájar, La Zubia y Ogjjares.....	99
Figura 4-10:	Funcionamiento de Algoritmo coste distancia (Fuente: Modificado de Esri, 2008).....	101
Figura 4-11:	Esquema metodológico del cálculo de la cartografía de la accesibilidad.....	101
Figura 4-12:	Superficie de Fricción conteniendo los costes en tiempo para desplazarse por el territorio de la AUG.....	103

Figura 4-13: Lugares de concentración de la población empleados como objetivos para la determinación del cambio en la accesibilidad.....	104
Figura 4-14: Valores de accesibilidad en tiempo de acceso acumulado a los diferentes núcleos de concentración de la población.	105
Figura 4-15: Cambios en la accesibilidad en el período 77-84	106
Figura 4-16: Cambios en la accesibilidad en el período 84-04	107
Figura 4-17: Esquema metodológico para la determinación de la saturación metropolitana de los nodos de la red viaria de alta capacidad.....	109
Figura 4-18: Vías metropolitanas de alta capacidad y nodos analizados para el estudio de la saturación metropolitana	110
Figura 4-19: Accesibilidad a nodos de infraestructuras metropolitanas de transporte.....	111
Figura 4-20: Áreas de influencia de los nodos de transporte metropolitano.....	111
Figura 4-21: Saturación urbana de las áreas de influencia de los nodos	112
Figura 4-22: Perfil de la variación de la carga urbana de la vía A-44 (circunvalación) a lo largo de su longitud.....	114
Figura 4-23: Perfil de la variación de la carga urbana de la vía A-92 a lo largo de su longitud.....	115
Figura 4-24: Principales centralidades metropolitanas en la AUG	116
Figura 4-25: Áreas de influencia y nodos con carga metropolitana	117

ÍNDICE TABLAS

Tabla 4-1: Velocidades asignadas para la generación de la superficie de fricción a cada uno de los tipos de vía metropolitana	102
Tabla 4-2: Impedancias para cada uno de los elementos que constituyen la superficie de fricción.....	102
Tabla 4-3: Carga y saturación urbana de los principales nodos metropolitanos.....	113
Tabla 4-4: Saturación metropolitana de los nodos de la red viaria de alta capacidad	118

4.1 INTRODUCCIÓN:

En buena parte, los cambios en la ocupación urbana que han tenido lugar en la AUG, han sido inducidos gracias al importante desarrollo de la red de infraestructuras viarias, que ha permitido la articulación de la aglomeración urbana. La importante relación entre infraestructuras viarias y ocupación y forma urbana (Van Nes, 2002; Verburg, Ritsem, van Eck, Nijs, Djist y Schot, 2004) como elemento de explicación y planificación del cambio espacial (Haynes, Stough, y Kulkarni, 1999), de la localización de las actividades (Johnston y De la Barra, 2000), como importante factor de influencia en los crecimientos urbanos (Cheng y Masser, 2002; Verburg, *et al*, 2004) así como condicionante de los comportamientos de movilidad de las familias (Cairns, 1998; Buliung y Kanaroglou, 2006), etc., hace del estudio del cambio de la red de infraestructuras de transporte y los cambios en la accesibilidad, uno de los más importantes factores a tener en cuenta en el estudio de los cambios metropolitanos.

En este capítulo se aborda el estudio y descripción del cambio en la red viaria, así como de la accesibilidad, definida ésta en términos de potencial de acceso medido en tiempo (Hodge, 1997), para el ámbito de estudio de la AUG.

Para alcanzar estos objetivos el trabajo en este capítulo se ha dividido en diversas tareas, que quedan recogidas en la Figura 4-1

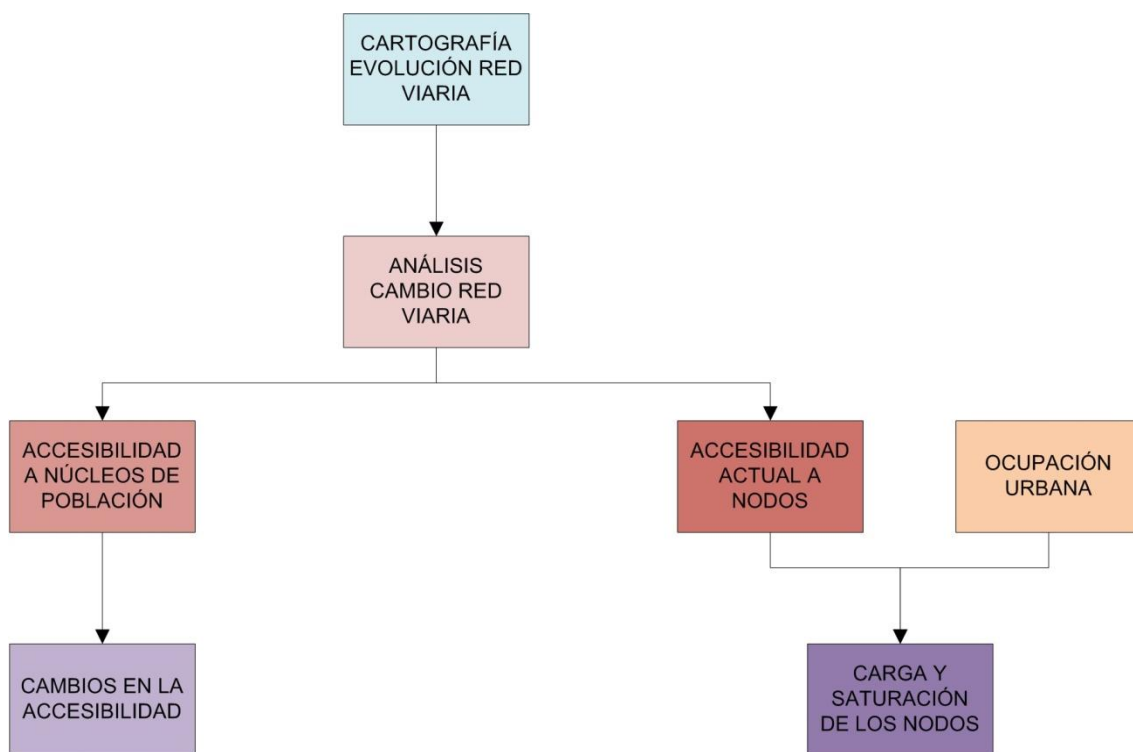


Figura 4-1: Esquema de los trabajos del presente capítulo

En primer lugar se ha cartografiado el crecimiento de la red viaria en la AUG para el período comprendido entre 1977 y 2003, con especial atención a algunas de las tramas viarias más características de dichos crecimientos. Esta cartografía ha posibilitado la generación de las estadísticas de crecimiento de la trama viaria urbana y metropolitana en cada período contemplado.

Como siguiente etapa, se ha abordado un análisis de accesibilidad a los principales núcleos urbanos existentes en el territorio de la AUG. Las medidas clásicas de accesibilidad basadas en la teoría de grafos

(Hagget y Chorley, 1968), han sido ampliamente implementadas en software SIG a través de los análisis de redes (Gutiérrez y Urbano, 1996; Gutiérrez y Gómez 1999; Holl, 2007; Marr, y Sutton, 2007), dando lugar incluso a aplicaciones específicas dentro de los mismos, como es el caso del *Accessibility Analyst de Arcview GIS* (Zhu y Liu, 2004). Sin embargo, algunos trabajos han presentado en los últimos años la posibilidad de obtener modelos continuos de accesibilidad a través de su modelización en SIG raster (Juliao, 1999, Varela, 2004; Mendes, Rodrigues y Ramos, 2005) a través del empleo de superficies de fricción (de costes de desplazamiento) y algoritmos de coste distancia, que permiten obtener modelos continuos de valores de accesibilidad en términos de tiempo de desplazamiento.

Se plantea pues a través del empleo de herramientas raster, un análisis de accesibilidad a los principales núcleos que constituyen la AUG, que permite obtener como resultado una cartografía de tiempo de acceso potencial al núcleo más cercano para el ámbito de estudio. Realizando este análisis en distintas fechas a partir de la cartografía de la red viaria, se obtendrá la cartografía de accesibilidad en diferentes fechas, lo que permitirá a su vez realizar un análisis de cambios en la accesibilidad, de los que encontramos múltiples ejemplos en la bibliografía (Spence y Linneker, 1994; Gutiérrez y Gómez, 1999; Gutiérrez, 2001; Marr, y Sutton, 2007)

Finalmente, como última etapa del análisis de este aspecto del cambio espacial, se ha llevado a cabo el estudio de la relación entre la accesibilidad y la ocupación urbana a través del análisis de la accesibilidad a los nodos del sistema de transportes metropolitano, con el objetivo de identificar las áreas de influencia de cada uno de dichos nodos y las superficies urbanas servidas por cada uno de ellos.

4.2 LA CARTOGRAFÍA DE CRECIMIENTO DE LA MALLA VIARIA.

La cartografía de crecimiento de la red viaria, es el instrumento del que partirán el resto de análisis de accesibilidad, cambios en la misma, etc. Dicha cartografía se ha generado a partir de las fuentes de información básicas disponibles (fotografía aérea, ortofotografía y cartografía vectorial, ver capítulo 2) mediante un proceso de interpretación de las propias fuentes vectoriales existentes y las fotografías aéreas y ortofotografías disponibles para la fecha. De esta forma se han podido generar diferentes capas de información temáticas con las infraestructuras viarias para cada fecha en el período de análisis. Este proceso de generación manual ha sido necesario como consecuencia de la inexistencia de una cartografía temática específica de evolución temporal de infraestructuras de transporte en el ámbito de estudio.

En la cartografía generada, se han identificado dos redes viarias diferentes, así como sus evoluciones correspondientes a lo largo del período 1977-2004:

Por un lado se ha definido en primer lugar la red viaria metropolitana o interurbana, esto es, el conjunto de infraestructuras que permiten la interconexión y articulación de los diferentes núcleos que forman la aglomeración urbana, y que la comunican con el exterior. Carreteras secundarias y vías de alta capacidad forman parte de esta red.

Por otra parte se ha identificado la red viaria o trama urbana, es decir, aquella red viaria que forma parte de los núcleos urbanos pero que no tiene carácter estructurante a nivel metropolitano. Calles y viario de pueblos y barrios forman parte de la red viaria urbana.

De forma gráfica la cartografía generada queda recogida en la Figura 4-2.

CRECIMIENTO DE LA RED VIARIA 77-03

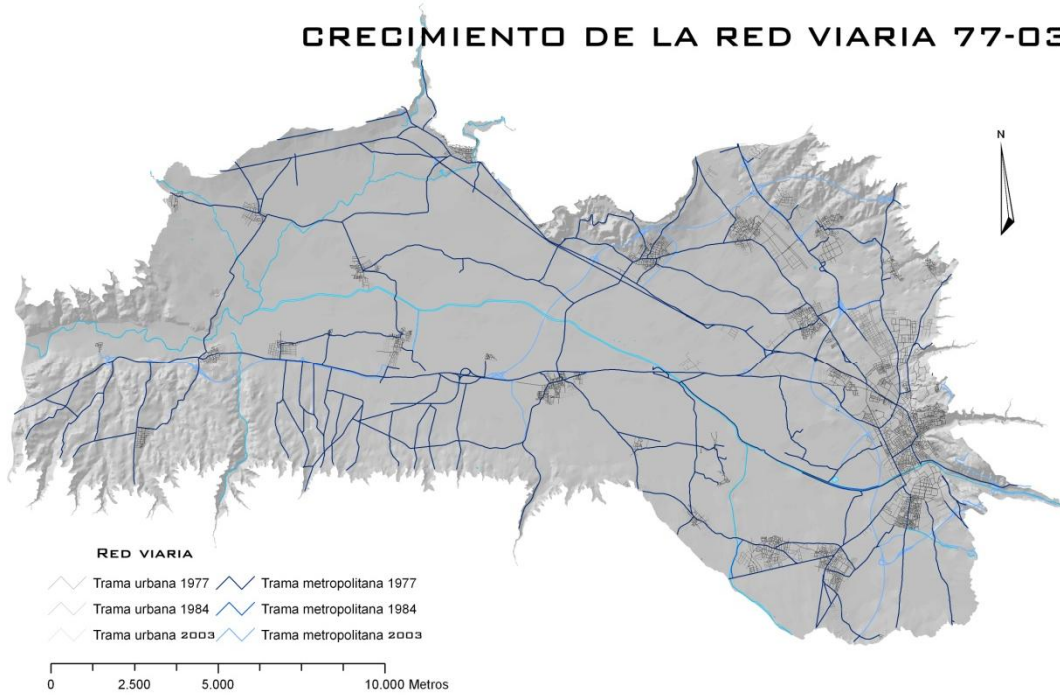


Figura 4-2: Crecimiento de la red viaria en el periodo 1977-2003.

A partir de esta cartografía, se pueden obtener las diferentes longitudes en kilómetros de cada una de las tramas en los diferentes periodos. La (Figura 4-3) muestra de forma gráfica estos valores.

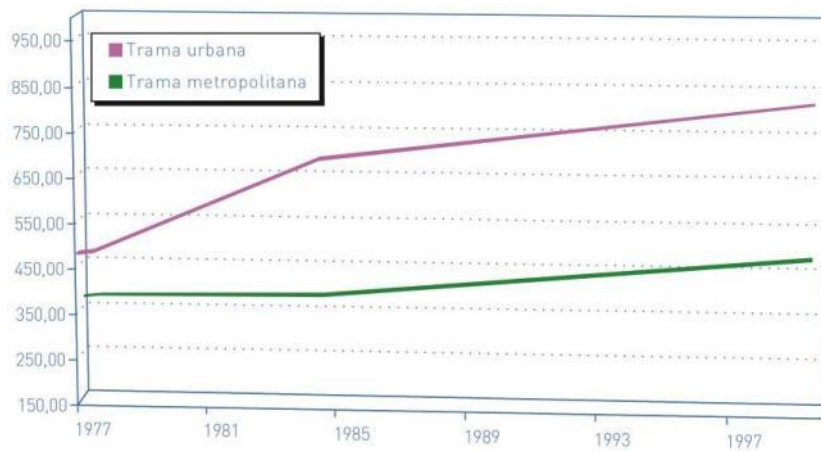


Figura 4-3: Evolución de la longitud de la red viaria metropolitana y urbana en km (1977-2004)

Se puede observar como en los años correspondientes al período 1977 -1984 se produce principalmente un incremento de la red viaria urbana, como consecuencia de los fuertes crecimientos residenciales e industriales que tuvieron lugar en este período, mientras que la red viaria metropolitana, esto es, aquellas vías que articulan la movilidad interna de la AUG, se mantienen en una longitud constante. Sin embargo, a partir de 1984 y hasta 2003 se observa como existe un mayor crecimiento de la red metropolitana, con la creación de importantes infraestructuras como son la A92, A92G, A-44 y A-395, carretera Granada-Las Gabias, etc, y que serán las que permitan el incremento de la cohesión metropolitana de la AUG.

Por otra parte, además de distinguir entre red viaria metropolitana y urbana, se han identificado diferentes tejidos asociados a cada una de ellas. Se han diferenciado así diferentes *tramas* de la red viaria, que se encuentran asociadas a la localización de zonas industriales, áreas residenciales compactas o dispersas, vías metropolitanas de alta capacidad, y por último vías metropolitanas secundarias. Con el objetivo de ilustrar cada una de estas distintas tramas viarias se han seleccionado algunas situaciones tipo que se pueden encontrar en la AUG.

4.2.1 CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA RESIDENCIAL COMPACTA.

Bajo esta denominación se han agrupado aquellos crecimientos de la red viaria que se caracterizan por presentar una disposición muy intrincada en el caso de aquellos tejidos viarios más antiguos propios de la ciudad tradicional (en tonos más oscuros en la figura) que se transforman en una trama más geométrica en el caso de los crecimientos más recientes (tonos más claros). Se trata en cualquier caso de una trama densa que refleja la morfología y estructura de la ciudad compacta. Un buen ejemplo es el que presenta la Figura 4-4, en el que se superpone la trama de un barrio obrero residencial (centro de la imagen correspondiente al Barrio del Zaidín, zona Sur de Granada) de mitad del siglo XX con nuevos desarrollos residenciales posteriores de los años 90 (derecha de la imagen).



Figura 4-4: Trama urbana residencial compacta

4.2.2 CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA RESIDENCIAL DISPERSA

La trama residencial dispersa (Figura 4-5), de una estructura mucho más regular y geométrica que en el caso de la compacta, comienza a aparecer en la AUG a partir de los años 80, al igual que en el caso de patrones de crecimiento en urbanizaciones¹ con los que está íntimamente relacionado. Generalmente es una trama que sirve a urbanizaciones formadas por viviendas unifamiliares, en las que es difícil establecer una jerarquía clara, puesto que todas las vías parecen encontrarse al mismo nivel de capacidad y tamaño. En la Figura 4-5 se muestra como ejemplo de este tipo de trama, aquella

¹ Los diferentes patrones de ocupación urbana son estudiados en el capítulo 5 de este trabajo.

correspondiente a una de las urbanizaciones situadas en la zona Noreste del ámbito de estudio (cercanías a los núcleos urbanos de Peligros y Albolote). Se puede observar como los tonos de color claros revelan que la fecha de construcción de esta trama se establece a partir de los años 80.

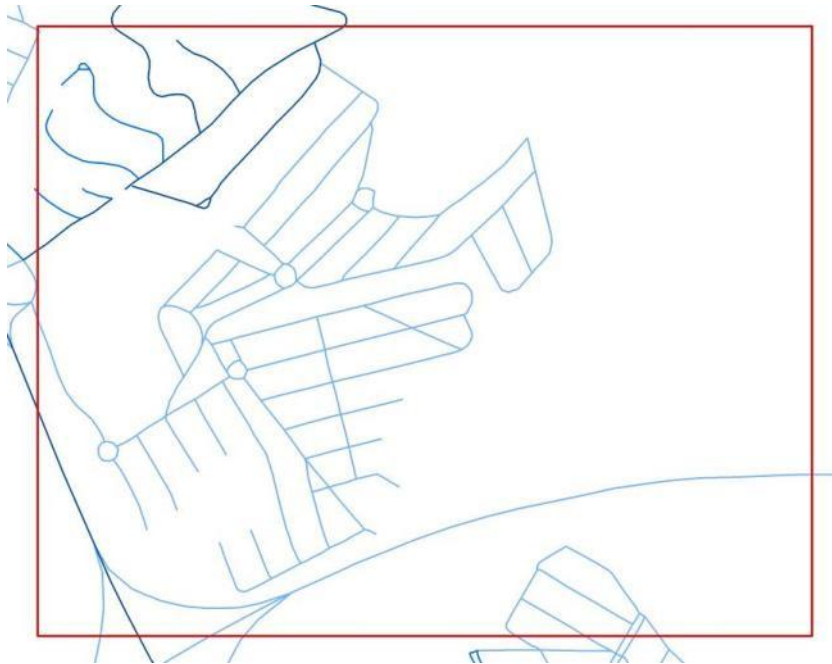


Figura 4-5: Trama urbana residencial dispersa

4.2.3 CRECIMIENTO DE LA TRAMA URBANA INDUSTRIAL

La trama urbana industrial (Figura 4-6) predominante en el área de trabajo se caracteriza por la presencia de una parcelación orientada a grandes zonas industriales de amplio tamaño así como por una estructura muy funcional y geométrica, más si tenemos en cuenta que muchas de las zonas industriales en un principio estaban orientada a la ubicación de la industria pesada, de acuerdo con los postulados del Plan Comarcal de 1973. No sería hasta años después (mediados de los 80) cuando se efectuó una parcelación más orientada a la pequeña y mediana industria (Bueno, 2004). Igual que en el caso de la trama urbana residencial dispersa, estas tramas industriales se suelen localizar en las proximidades de los nodos de comunicaciones, aprovechando la alta accesibilidad generada por las infraestructuras viarias de alta capacidad.



Figura 4-6: Trama Urbana industrial.

4.2.4 CRECIMIENTO DE LA TRAMA METROPOLITANA DE ALTA CAPACIDAD

La trama metropolitana de alta capacidad ha sido la que mayor crecimiento ha experimentado en la AUG, debido a la implantación de importantes infraestructuras viarias metropolitanas, especialmente a partir de los años 90. Ejemplos de esta trama por tanto los constituyen tanto la vía A-44, ronda de la ciudad de Granada, la Ronda Sur A-395, el eje estructurante andaluz A-92 a su paso por Granada y su ramal de conexión A-92G.

Estas redes viarias se caracterizan por su gran capacidad, así como por la generación de importantes nodos de accesos a las mismas, que suelen concentrar en su entorno diferentes usos terciarios, tecnológicos o industriales. En la Figura 4-7 se muestra la intersección de las vías metropolitanas A-44 y A-92.



Figura 4-7: Trama metropolitana de alta capacidad

4.2.5 CRECIMIENTO DE LA TRAMA METROPOLITANA SECUNDARIA

Finalmente, la última de las tramas identificadas la constituye la trama viaria secundaria, constituida por aquellas vías de comunicación de carácter metropolitano, o que articulan las relaciones de la AUG con el exterior y que sin embargo no son infraestructuras de alta capacidad. Se trata generalmente de vías que articulan la conexión entre los diferentes núcleos de la corona metropolitana, así como el acceso de éstos a la ciudad de Granada y a las infraestructuras viarias de alta capacidad. Un claro ejemplo de esta trama lo constituye la vía interurbana que conecta la ciudad de Granada con el núcleo urbano de las Gábias, a través del sector de Vega comprendido entre el río Genil y la conurbación de Armilla-Churriana (Figura 4-8)

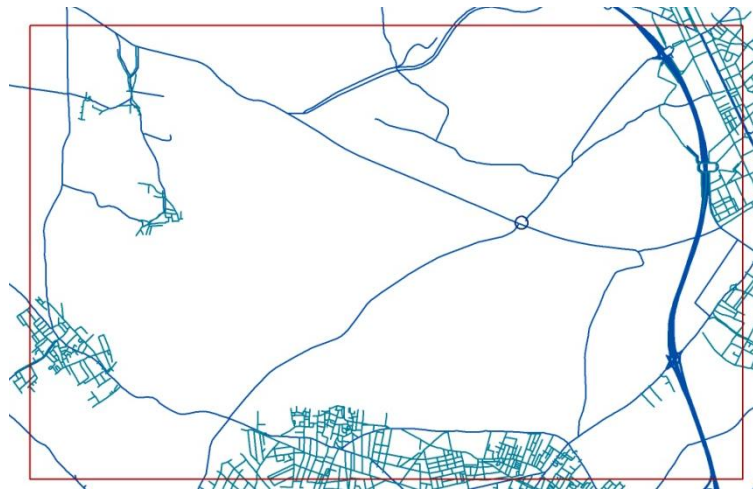


Figura 4-8: Trama metropolitana secundaria

El crecimiento de esta trama ha sido el menor en importancia en lo que a longitud respecta, debido a una mayor prioridad en las inversiones en grandes infraestructuras. En cualquier caso, el POT AUG (Consejería de Obras Públicas, 1999) realiza diversas propuestas de redes viarias de este tipo para articular algunos de los núcleos o conurbaciones existentes en la AUG (Figura 4-9)

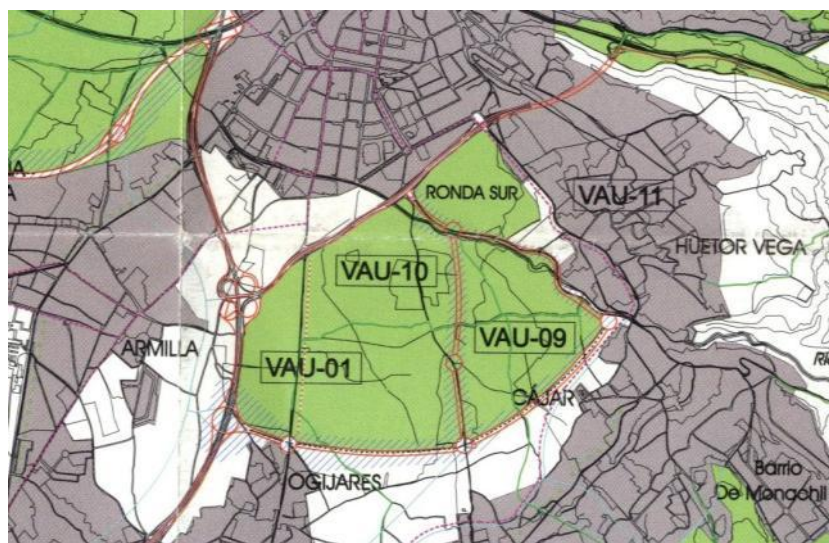


Figura 4-9: Algunas actuaciones viarias propuestas por el POT AUG asumibles como parte de la trama viaria secundaria en la zona de la Vega Sur, entre la ciudad de Granada y las localidades de Cájar, La Zubia y Ogijares.

4.3 LOS CAMBIOS EN LA ACCESIBILIDAD: ACCESIBILIDAD A NÚCLEOS URBANOS.

Descritos los principales cambios que han tenido lugar en la red viaria de la AUG a lo largo de los últimos años, a continuación se aborda el análisis de los cambios en la accesibilidad inducidos por dicha transformación, a través del estudio de los costes de acceso en tiempo a los principales núcleos de población. El objetivo de este análisis es determinar las zonas que han experimentado un incremento de su accesibilidad potencial (entre 1977, y 2004) a los principales núcleos del área metropolitana, con motivo de la construcción de las nuevas tramas viarias identificadas anteriormente.

Se puede afirmar en primer lugar que la accesibilidad es un término en relación con la facilidad con la cual ciertas actividades pueden ser alcanzadas desde distintos lugares a través de una red de transporte (Morris, Dumble, y Wigan, 1979)², y que no debe ser confundido con movilidad, puesto que la accesibilidad es una medida de potencial y la movilidad una medida del comportamiento (Hodge, 1997). Por ello las medidas de potencial de accesibilidad empleadas en este trabajo han sido medidas de tiempo de acceso en minutos a los diferentes objetivos de los análisis.

Existen multitud de ejemplos de análisis de accesibilidad realizados con SIG en la literatura reciente que, empleando la mayor parte de ellos una aproximación vectorial de la información geográfica así como el análisis de redes, realizan aplicaciones en multitud de temáticas y trabajos (Spence y Linneker, 1994; Mackiewicz y Ratajczak, 1996; Gutiérrez y Urbano, 1996; Gutiérrez y Gómez 1999; Holl, 2007; Marr, y Sutton, 2007; Xie y Levinson 2007). Estos enfoques, herederos de los trabajos de Hagget y Chorley (1969), son criticados por algunos autores en lo que respecta a sus limitaciones a la hora de obtener la accesibilidad únicamente para determinados nodos de un territorio (Varela, 2004). Por ello, existen igualmente ejemplos en la literatura que comienzan a aplicar aproximaciones raster para la determinación de dicha accesibilidad, empleando para ello superficies de fricción (bien descritas en Gutiérrez y Gould, 1994). Algunos ejemplos de estos trabajos son los elaborados por Juliao (1999) para el caso del área metropolitana de Lisboa; Farrow y Nelson (2001) en Honduras³, o los de Varela (2004) para la provincia de La Coruña.

Esta enfoque raster requiere de la aplicación de una metodología consistente en la generación de una superficie de fricción raster en la que cada una de las celdas contiene un valor de costes en segundos representando el tiempo necesario para atravesarla en función de sus características (presencia de red viaria, tipo de vía, ríos, pendientes, etc...) (Varela, 2004; Mendes *et al*, 2005). Sobre esta superficie de fricción de costes en tiempo, y empleando un algoritmo coste distancia (Figura 4-10), se determina el coste acumulado para alcanzar desde cualquier celda del ámbito de trabajo determinadas *zonas objetivo* que se hayan seleccionado. La selección de dichos objetivos resulta pues de los puntos más determinantes de los resultados del análisis, que generalmente están constituidos por centros de localización de actividades, empleos o vivienda (Gutiérrez, 1999). En esta aproximación, y como veremos a continuación se han seleccionado los núcleos urbanos como centros de localización de la población. La Figura 4-11 muestra de forma esquemática el proceso metodológico para la obtención de los valores de accesibilidad.

² En este artículo se pueden encontrar una interesante recopilación de indicadores y medidas de accesibilidad aplicables.

³ Estos trabajos derivan en una aplicación generada por los autores para el software Arcview GIS, que es empleada para realizar cálculos de accesibilidad desde una aproximación raster.

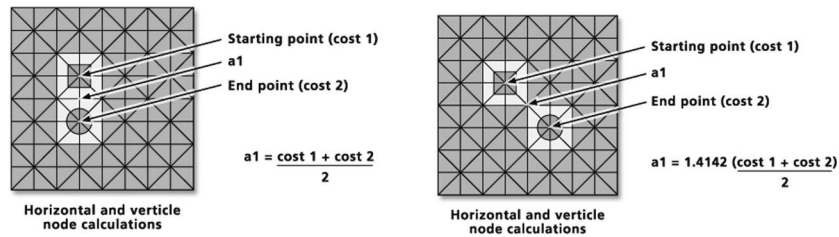


Figura 4-10: Funcionamiento de Algoritmo coste distancia (Fuente: Modificado de Esri, 2008a)

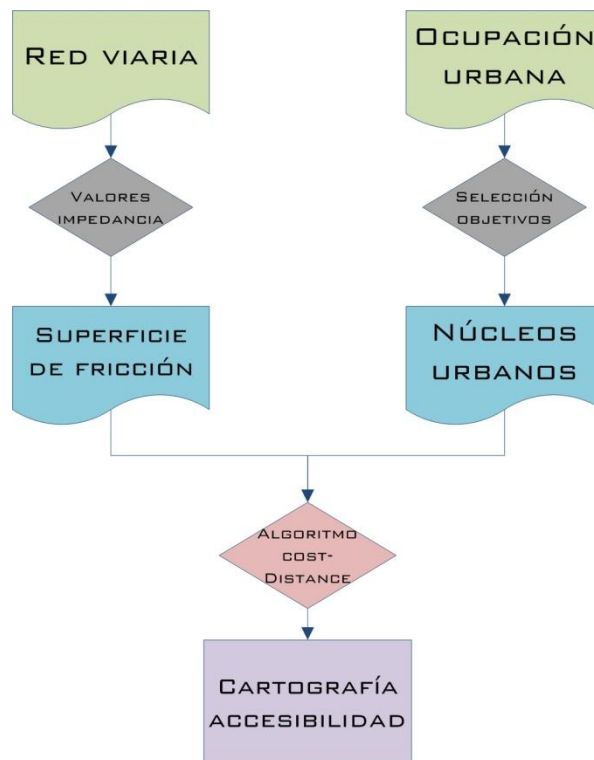


Figura 4-11: Esquema metodológico del cálculo de la cartografía de la accesibilidad

De acuerdo con esta breve descripción acerca de la metodología a seguir, y tal como se señala en Juliao (1999), existen tres elementos clave a la hora de implementar el modelo de cálculo de la accesibilidad empleando superficies raster de costes:

- La generación de los datos de partida (cartografía de la red viaria)
- La generación de la superficie de costes de movimiento
- El cálculo de la accesibilidad a los puntos de destino.

Puesto que los datos de partida constituyen en su mayor parte la cartografía de la red viaria anteriormente generada, a continuación se afrontan las etapas restantes del proceso metodológico.

4.3.1 LA GENERACIÓN DE LA SUPERFICIE DE COSTES DE MOVIMIENTO

La superficie de costes constituye la base sobre la cual se realiza el análisis de accesibilidad desde un enfoque raster (Juliao, 1999, Varela, 2004, Mendes *et al*, 2005). Para generarla se ha tomado como base

la cartografía de la red viaria existente en tres fechas: 1977, 1984 y 2004,⁴ que darán lugar a las tres superficies de fricción que emplearemos para determinar los cambios en la accesibilidad.

El proceso de creación de la misma atiende principalmente a la asignación a cada tipo de vía de una impedancia o tiempo necesario en segundos para atravesar una unidad de longitud. Este valor se puede obtener de forma sencilla a través de la asignación de unas velocidades promedio⁵ de circulación o movimiento en cada una de las vías (Tabla 4-1)

Tipo de Vía	Velocidad asignada km/h
Autovía	100
Red Nacional	80
Red interurbana	60
Red urbana	40
Caminos	15

Tabla 4-1: Velocidades asignadas para la generación de la superficie de fricción a cada uno de los tipos de vía metropolitana

Sin embargo, no todas los lugares del ámbito de estudio disfrutan de la presencia de una infraestructura viaria. Por ello, para aquellas zonas en las que no existe ningún tipo de vía, se asigna una velocidad estándar de desplazamiento a pie, que en este caso se ha establecido en 5 km/h. De esta forma se consigue valorar la accesibilidad desde cualquier punto del territorio independientemente de la presencia o ausencia de red viaria.

A partir de estos valores de velocidad, se obtienen los valores de impedancia en segundos/m, que constituyen en sí la superficie de fricción, a través de un cálculo sencillo. Estos valores de impedancia en segundos/m quedan recogidos en la Tabla 4-2

Tipo de Vía	Impedancia en s/m
Autovía	0,036
Red Nacional	0,045
Red interurbana	0,06
Red urbana	0,09
Caminos	0,34
A través	0,72

Tabla 4-2: Impedancias para cada uno de los elementos que constituyen la superficie de fricción

Empleando los valores de impedancia, únicamente es necesario para construir la superficie de fricción llevar a cabo un proceso de rasterizado del ámbito de trabajo y de asignación de dichos valores a cada una de las celdas en función del tipo de vía presente en ellas. El tamaño de celda que se ha empleado para el rasterizado ha sido de 20 m, por considerarlo adecuado para recoger con suficiente detalle el ámbito de trabajo, a la vez que permite el cálculo de los valores de accesibilidad en un tiempo razonable (una disminución del tamaño de celda conllevaría un incremento del tiempo de cálculo para la obtención de los valores de accesibilidad).

⁴ No se han seleccionado otras fechas intermedias puesto que los cambios han sido mínimos en la red viaria para el período comprendido entre 1990 y 2004.

⁵ Las velocidades asignadas a los distintos tipos de vías son velocidades inferiores a los máximos legales permitidos por cada uno de los distintos tipos.

Los valores de impedancia, una vez que han sido asignados a cada una de las celdas, constituyen la superficie de fricción, que constituirá la base para el cálculo de la accesibilidad. La Figura 4-12 muestra dicha superficie, obtenida para la red viaria existente en 2004.

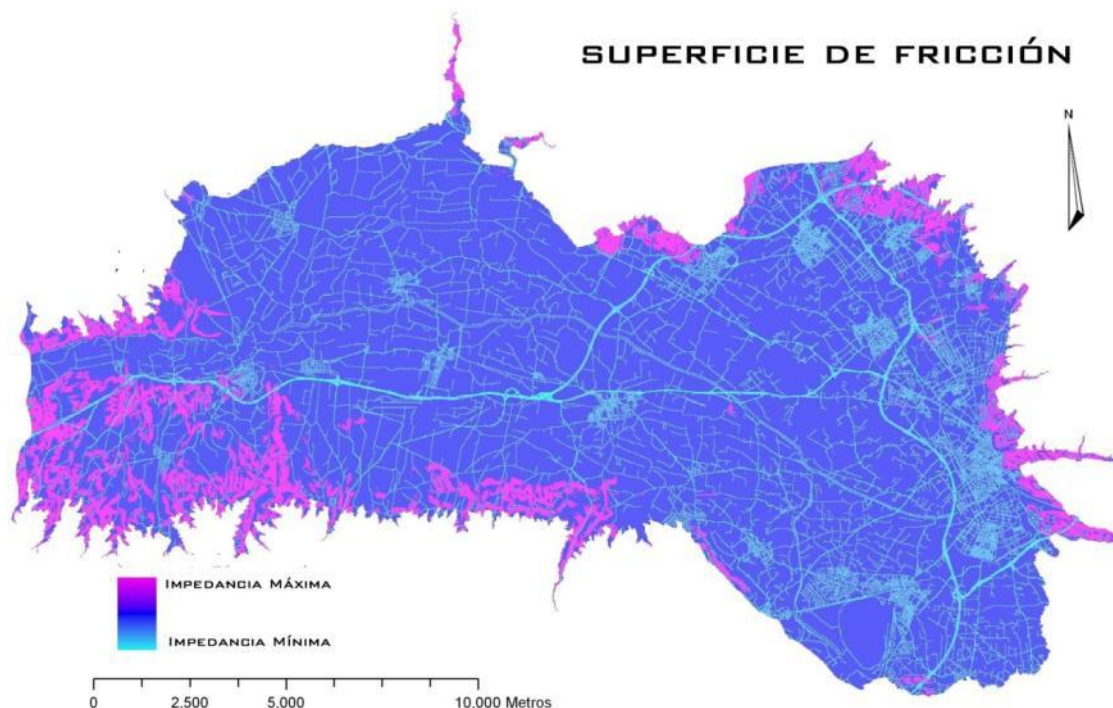


Figura 4-12: Superficie de Fricción conteniendo los costes en tiempo para desplazarse por el territorio de la AUG.

Para las demás fechas analizadas, se ha generado igualmente una superficie de fricción a partir de la red viaria existente en cada fecha. Así, se ha obtenido una superficie de fricción diferente para cada fecha, con la que obtener los valores de accesibilidad en los diferentes momentos temporales.

4.3.2 CÁLCULO DE LA ACCESIBILIDAD A LOS NÚCLEOS URBANOS

Obtenida la superficie de fricción, la designación de los puntos objetivo para el cálculo de la accesibilidad es el siguiente elemento en la secuencia lógica de la metodología presentada.

Puesto que se pretenden estudiar los cambios que han tenido lugar en la accesibilidad a lo largo de un período de tiempo, es necesario que los valores que se obtengan puedan ser comparables entre las diferentes fechas, y por tanto deben estar calculados para un mismo conjunto de lugares objetivo. De esta forma será necesario seleccionar unos puntos de destino que permanezcan estables a lo largo de todo el período de tiempo analizado, y que además, como se señaló anteriormente, sean unos elementos significativos para los que el cálculo de la accesibilidad presente un significado territorial. Por ello se han seleccionado los núcleos urbanos como elementos de concentración de la población en el territorio, y que además han permanecido invariables a lo largo del periodo de estudio (Figura 4-13)⁶. En este primer análisis se han descartado otros elementos interesantes para la determinación de la

⁶ No han aparecido nuevo núcleos urbanos de la entidad suficiente en el periodo de análisis, a excepción de algunas urbanizaciones residenciales que no pueden ser consideradas lugares de concentración de la población.

accesibilidad, como podrían ser los nodos de las red viaria de alta capacidad⁷, por ser elementos que han sufrido numerosos cambios a lo largo del todo el período de análisis, de tal forma que los resultados obtenidos no podrían ser comparables.

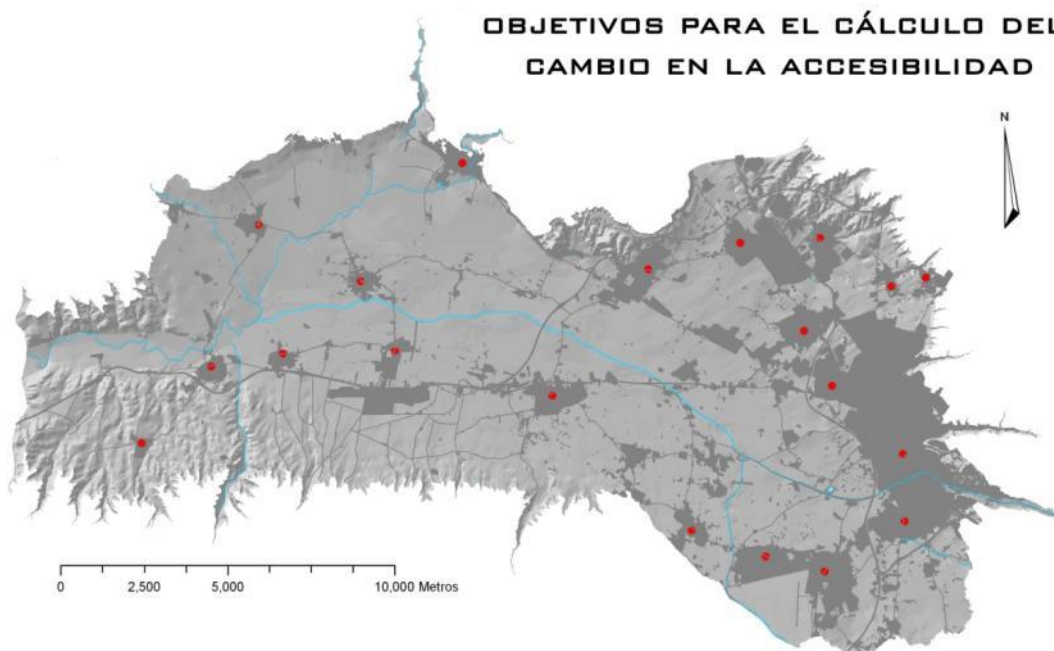


Figura 4-13: Lugares de concentración de la población empleados como objetivos para la determinación del cambio en la accesibilidad.

En la Figura 4-13 se pueden observar los diferentes puntos de destino seleccionados coincidentes con los principales núcleos de concentración de la población. Es necesario destacar que para el caso del núcleo urbano de Granada se han considerado tres puntos objetivo, puesto que en la primera fecha contemplada (1977) el núcleo de Granada funcionaba prácticamente como tres núcleos de población separados (Fernández, 1978), puesto que dos importantes núcleos (ahora convertidos en barrios de la ciudad de Granada) aparecieron diferenciados de la ciudad para posteriormente incorporarse a ella a través de procesos de conurbación. El resto de objetivos se puede observar que se corresponden con aquellos núcleos de población que poseen una entidad suficiente, descartando pequeñas urbanizaciones.

4.3.2.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD. CAMBIOS

A partir de las superficies de fricción y de los objetivos, se ha empleado el algoritmo de coste distancia incluido en el software GIS ArcGIS 9.2 (comando COST-DISTANCE) para obtener las diferentes cartografías de accesibilidad. En la Figura 4-14 se observan los tres mapas de accesibilidad generados para 1977, 1984 y 2003.

⁷ El análisis de la accesibilidad a los actuales nodos de la red viaria de alta capacidad se abordará más adelante, pero sin el objetivo de mostrar cambios a lo largo del tiempo, sino para mostrar la situación existente en 2004 y la relaciones accesibilidad vs ocupación urbana.

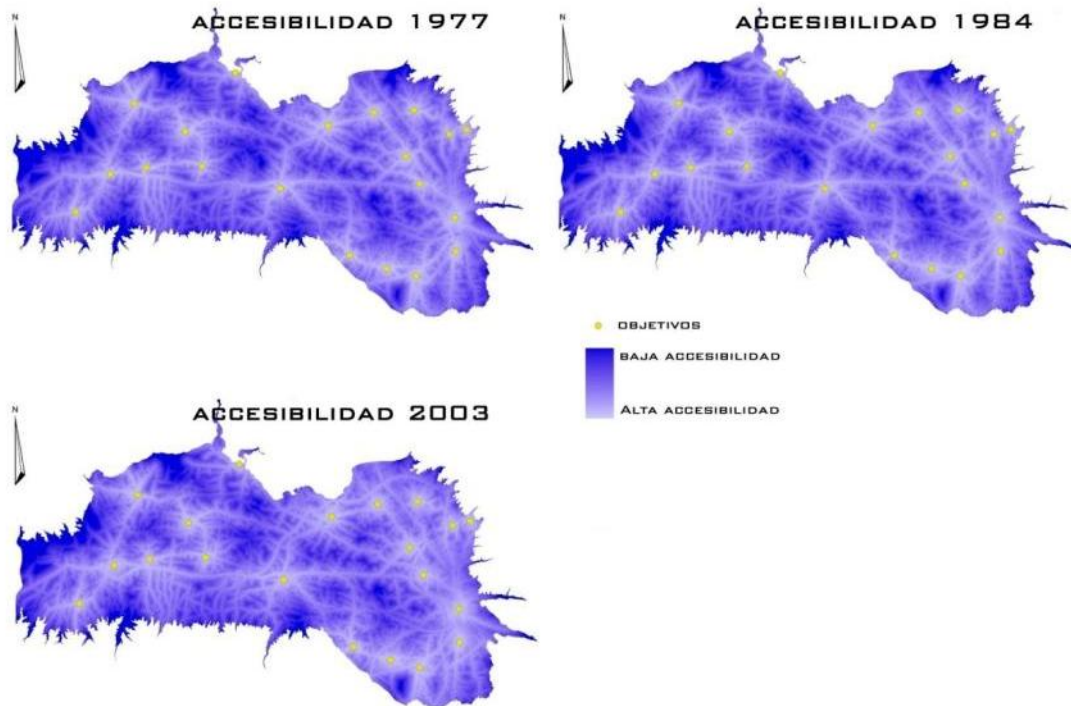


Figura 4-14: Valores de accesibilidad en tiempo de acceso acumulado a los diferentes núcleos de concentración de la población. .

A simple vista, en la Figura 4-14 es difícil percibir los cambios existentes entre las diferentes fechas analizadas, puesto que únicamente representan los valores en tiempo acumulados para alcanzar el núcleo de concentración de la población más cercano. En cualquier caso, se percibe una mejora sustancial de la accesibilidad en la última de las imágenes, en la que la superficie de fricción incluía las nuevas vías metropolitanas de alta capacidad construidas en la década de los 90.

Para mostrar de forma sencilla y clara los cambios que han tenido lugar entre las diferentes fechas, se ha propuesto realizar mediante álgebra de mapas la diferencia entre los mapas de accesibilidad de distintas fechas. De esta forma se puede obtener una nueva cartografía en la que se hacen patentes aquellas zonas que han experimentado un incremento de la accesibilidad, que se manifiesta a través de una reducción del tiempo necesario para alcanzar el núcleo de población más cercano.

Así pues, en lo que respecta al período 1977-1984 la Figura 4-15 muestra la ganancia de accesibilidad en 1984. Los mayores cambios (superiores a 5 minutos) se corresponden con las nuevas zonas urbanas que se desarrollan en este período (debido al trazado de la red viaria urbana) sin que exista ninguna nueva vía de comunicaciones metropolitana que permita incrementar la accesibilidad de forma sustancial a nuevas zonas del territorio del AUG.

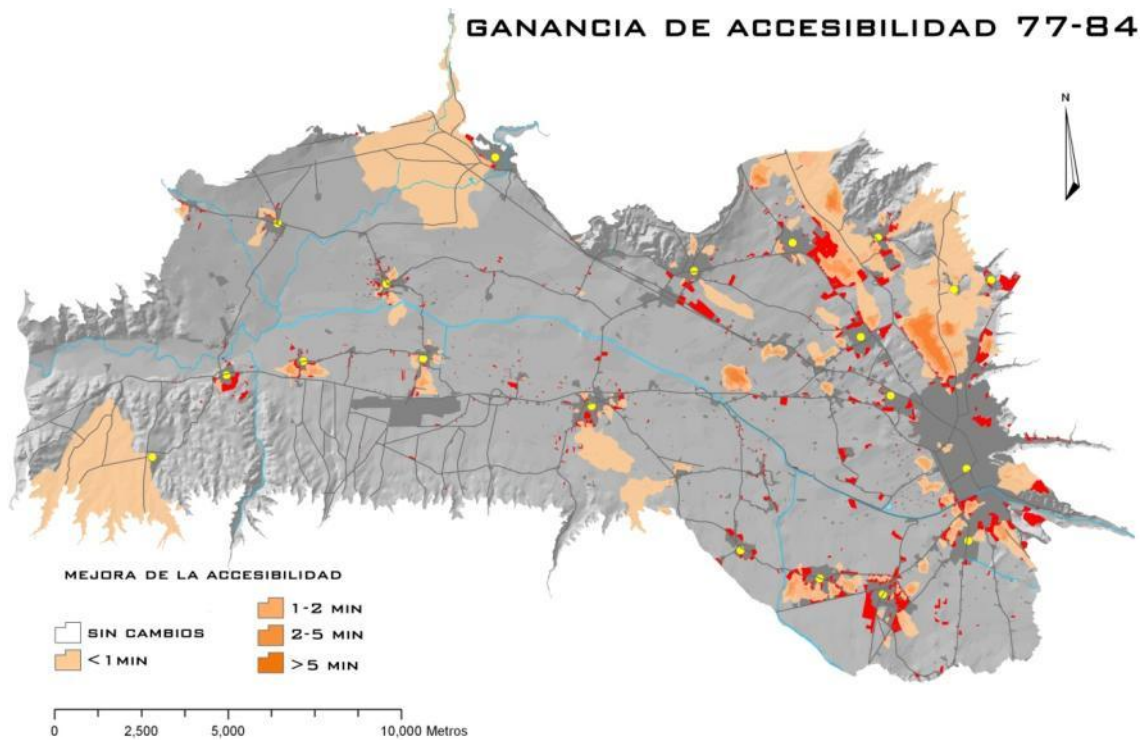


Figura 4-15: Cambios en la accesibilidad en el período 77-84

Para el período 1984-2004 se observan en cambio diferencias sustanciales puesto que en este período tienen lugar la construcción de las principales infraestructuras viarias metropolitanas de gran capacidad: la autovía A-44, que funciona como eje que articula la mayor parte de la movilidad metropolitana, especialmente entre los núcleos de la corona, la autovía A-92, infraestructura regional que sirve a todo el territorio de la comunidad autónoma andaluza, y que a su paso por la AUG adquiere un carácter metropolitano al articular una gran parte de los núcleos que la componen; y la autovía A-395, denominada comúnmente Ronda Sur, que permite el cierre de la A-44 hacia el Este.

Igualmente, las vías que forman parte de lo que se ha denominado como trama metropolitana secundaria, también generan una importante incidencia en la accesibilidad de algunas zonas, como es el caso de la vía que comunica Granada y el núcleo de las Gabias, atravesando un importante sector de Vega. Esta vía genera un incremento de la accesibilidad en zonas anteriormente inaccesibles, transformándolas en zonas atractivas para posibles crecimientos. Otro ejemplo de este tipo lo constituyen las dos vías que discurren paralelas al encauzamiento del río Beiro.

Estos cambios queda recogidos en la Figura 4-16, en la que se aprecia como las mejoras de la accesibilidad son muy importantes en extensión, puesto que la mayor parte de la AUG ve mejorar su accesibilidad.

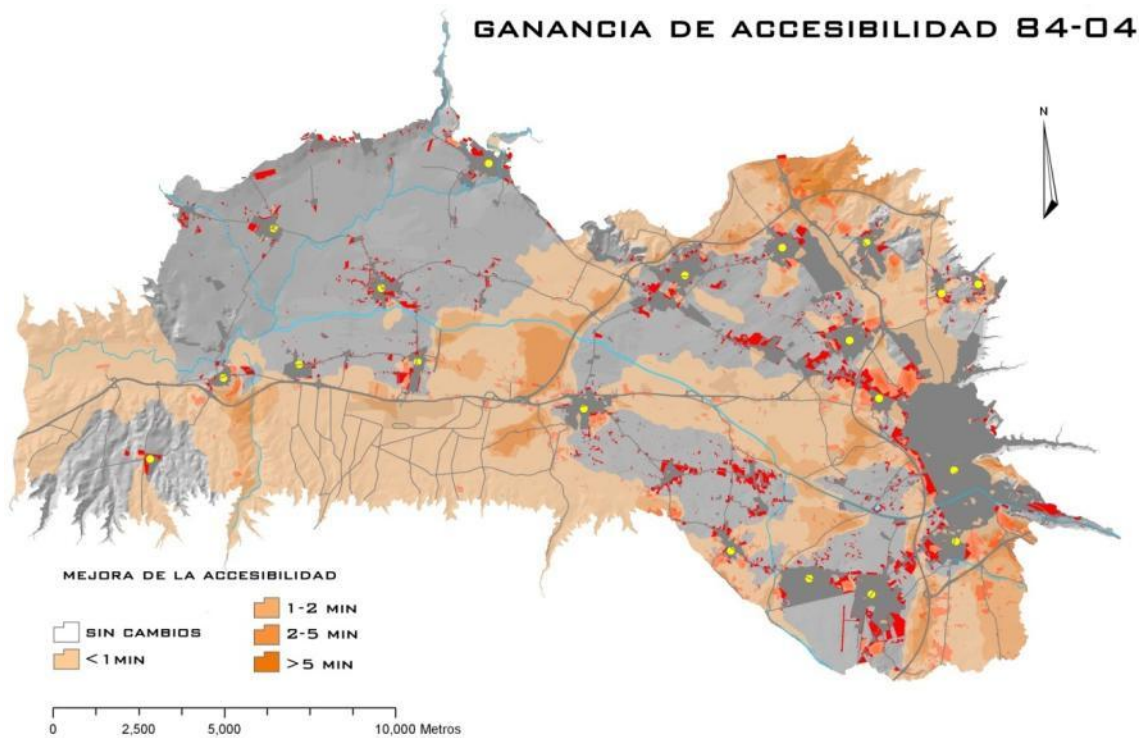


Figura 4-16: Cambios en la accesibilidad en el período 84-04

4.4 ACCESIBILIDAD ACTUAL A LOS NODOS DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y SATURACIÓN METROPOLITANA DE LOS NODOS.

Los análisis mostrados en el epígrafe anterior revelan los importantes cambios que las nuevas infraestructuras metropolitanas han generado en la accesibilidad a lo largo de toda la AUG. Estos cambios requieren por otra parte de una descripción más exhaustiva, especialmente en lo que respecta a la relación entre la accesibilidad y la ocupación de las zonas urbanas.

Por ello se ha realizado un nuevo conjunto de análisis en los que se plantea la determinación de la accesibilidad, igualmente a través del empleo de una superficie de fricción y el algoritmo coste distancia, pero empleando en este caso como objetivos los nodos de la red de infraestructuras metropolitanas de alta capacidad en lugar de los núcleos de concentración de la población.

Las razones para seleccionar estos elementos como lugares interesantes para la determinación de la accesibilidad son varias:

- En primer lugar se trata de lugares de concentración y atracción de flujos de transporte, debido a ser lugares “puerta de acceso” a las infraestructuras viarias de transporte metropolitano, que acaparan buena parte de los flujos de movilidad.
- En su entorno se encuentran ubicadas importantes centralidades metropolitanas
- Han sido empleados en algunos trabajos similares (Molero et al, 2007)
- Permiten analizar la interrelación entre ocupación urbana y las infraestructuras de transporte metropolitano, puesto que dichos nodos son los lugares de acceso desde las zonas urbanas a las mismas.

Especialmente interesante resulta lo señalado en el último punto, puesto que la determinación de la accesibilidad en tiempo de acceso al nudo más cercano permite, gracias a la capacidad del algoritmo coste distancia, identificar aquellas áreas que comparten el mismo objetivo más cercano.

De esta forma se puede obtener una cartografía que muestre el territorio de la AUG dividido en distintas áreas, atendiendo al nodo al que se encuentren más próximas; o lo que es lo mismo, identificar aquellas *zonas de influencia de los nodos*. De forma conceptual se puede establecer un símil entre el concepto de área de influencia y el de la cuenca de drenaje de un río: al igual que toda la superficie de la cuenca acaba vertiendo en un punto determinado, a través de una red de afluentes y cauces, todo el tráfico del área de influencia del nodo accede a las infraestructuras metropolitanas viarias de alta capacidad a través de ese nodo, empleando la trama viaria existente.

De acuerdo con este planteamiento, si se analiza la superficie urbana ocupada que existe en el interior de cada una de las áreas de influencia, se puede determinar el grado en que los diferentes nodos soportan una *carga urbana*, pudiendo establecer de esta forma una relación entre la accesibilidad y dichas zonas urbanas.

Además, si se aborda la localización de las centralidades existentes en cada una de las áreas de influencia, se puede obtener una idea acerca del uso metropolitano o *carga metropolitana* que dichos nodos soportan, como consecuencia del acceso a dichas centralidades.

Combinando estos dos conceptos *de carga urbana* y *carga metropolitana* se puede mostrar el grado en que los distintos nodos metropolitanos presentan una mayor o menor *Saturación metropolitana*. La Figura 4-17 plantea de forma esquemática el proceso metodológico necesario para analizar los conceptos anteriores:

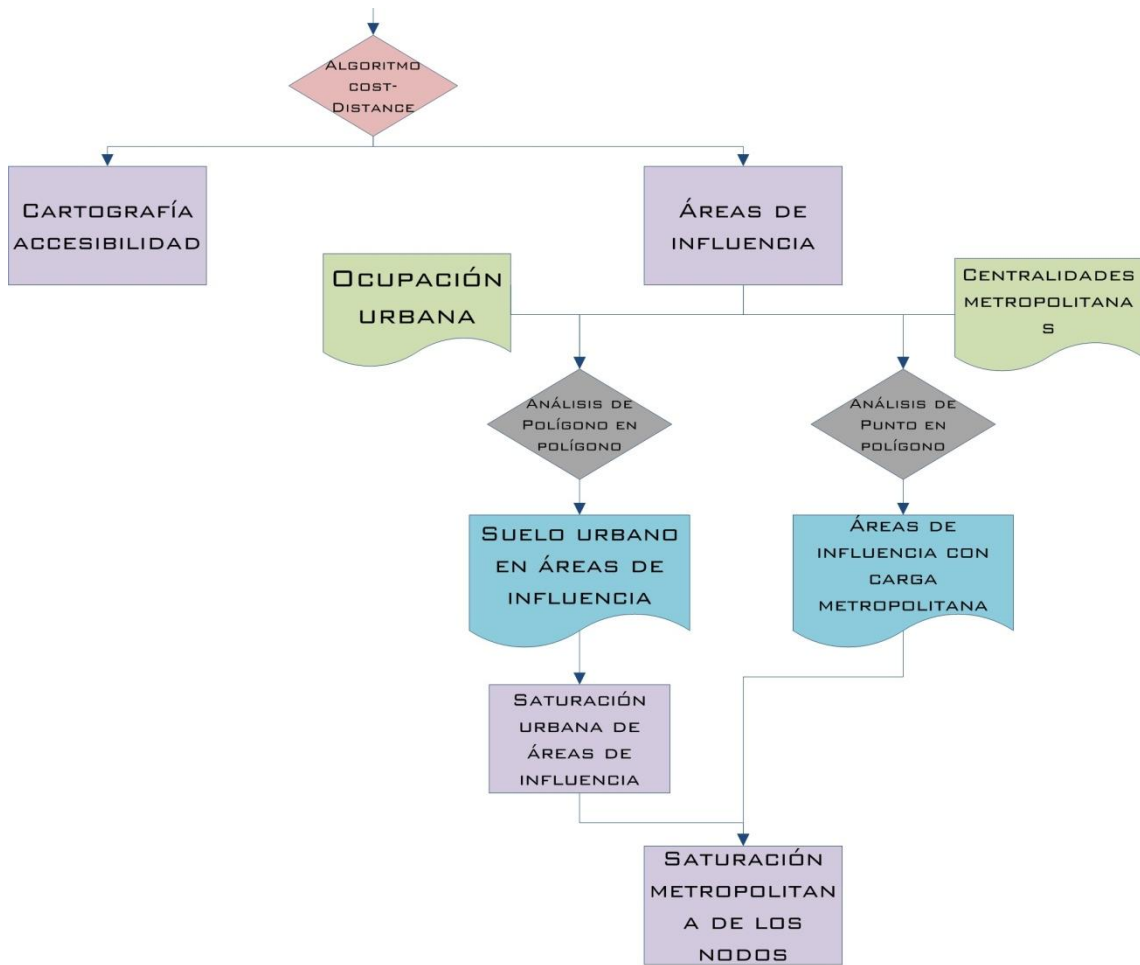


Figura 4-17: Esquema metodológico para la determinación de la saturación metropolitana de los nodos de la red viaria de alta capacidad

Es así pues a partir de los conceptos de carga urbana y carga metropolitana que se puede plantear el concepto de saturación metropolitana de los nodos, que permite diagnosticar la situación de la ocupación y uso que las áreas urbanas hacen de los nodos, como análisis conjunto de las variables ocupación urbana vs accesibilidad. En los epígrafes siguientes se abordan los análisis necesarios para indagar en la determinación de estos conceptos.

4.4.1 LOS VALORES DE ACCESIBILIDAD A LOS NODOS DE VIARIOS METROPOLITANOS.

Para la determinación de la accesibilidad a los nodos se ha empleado la misma metodología presentada anteriormente (Figura 4-11), así como las mismas superficie de costes. Por su parte, para identificar los nodos que se emplearán como objetivo, se han seleccionado previamente las dos principales infraestructuras metropolitanas de alta capacidad: La A-92 a su paso por la AUG, así como el conjunto formado por la A-44 y la A-395. De estas infraestructuras sehan seleccionado los nodos o enlaces que permiten el acceso de la red urbana y metropolitana secundaria a ellas. Estos nodos constituirán los objetivos para la determinación de la accesibilidad. En la Figura 4-18 quedan recogidos.

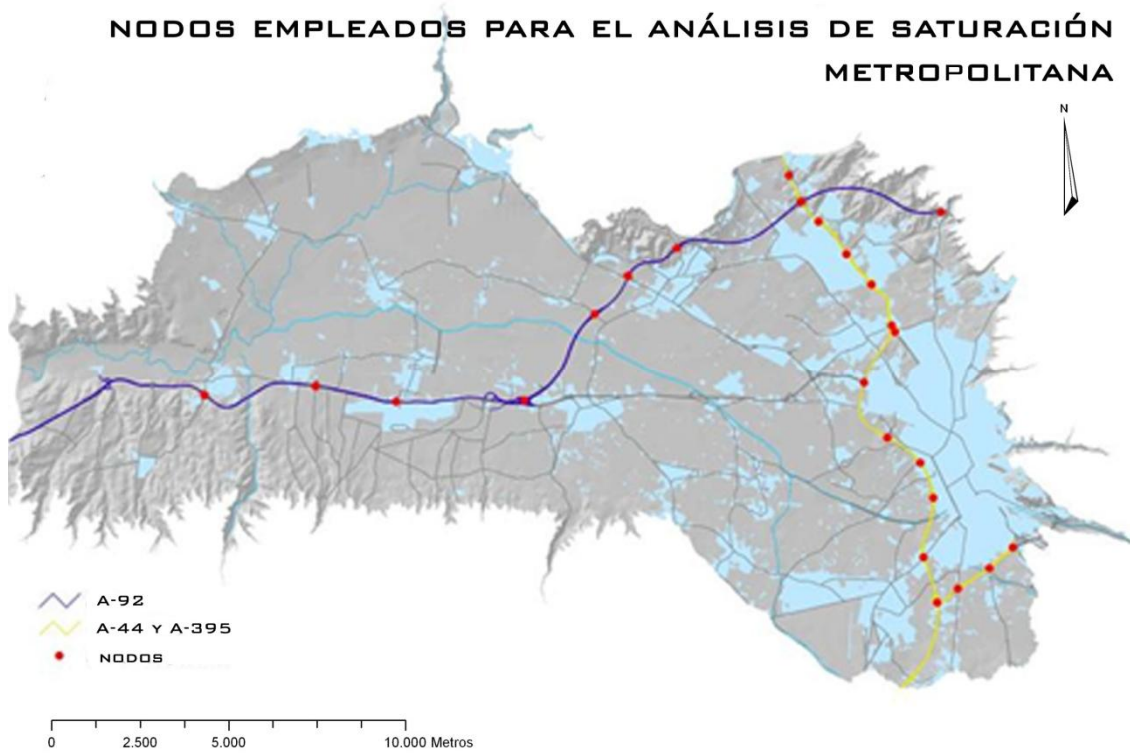


Figura 4-18: Vías metropolitanas de alta capacidad y nodos analizados para el estudio de la saturación metropolitana

Identificados los objetivos, únicamente es necesario realizar el cálculo de la accesibilidad empleando el algoritmo coste distancia, así como obtener las áreas de influencia de cada uno de los nodos. La cartografía de accesibilidad a los nodos metropolitanos se presenta en la Figura 4-19. En ella se puede apreciar como la accesibilidad se difunde por las principales vías metropolitanas, de tal forma que las zonas cercanas a los nudos son las que presentan una mayor accesibilidad.

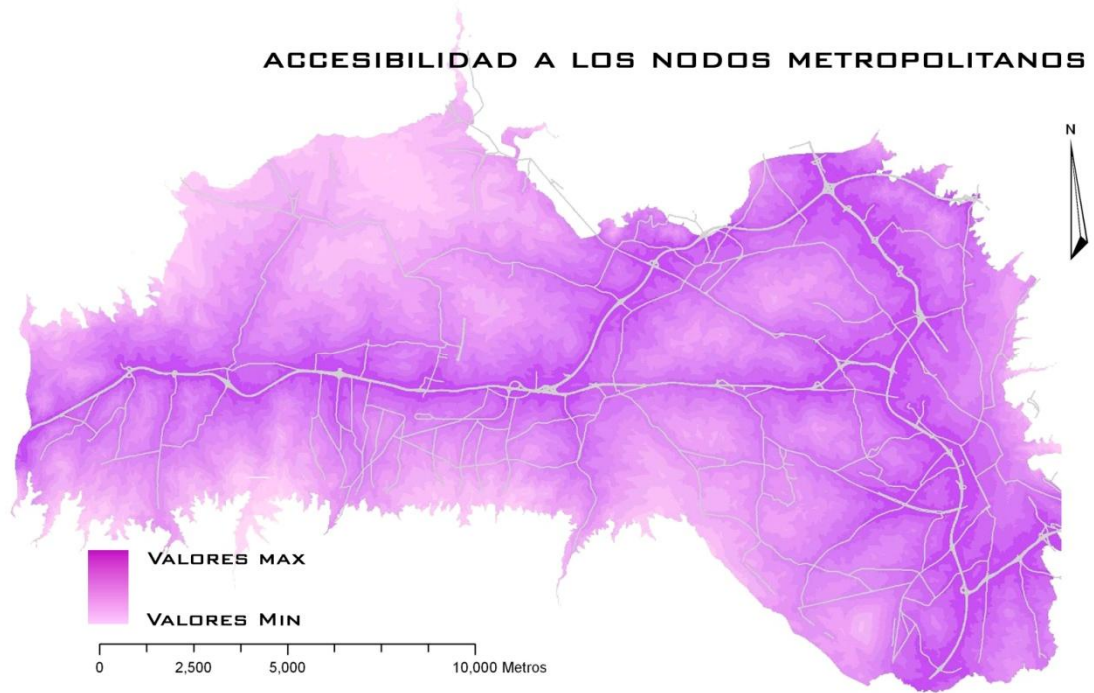


Figura 4-19: Accesibilidad a nodos de infraestructuras metropolitanas de transporte.

El otro resultado de la aplicación del algoritmo coste-distancia es la identificación de las *áreas de influencia* de los nodos. En la Figura 4-20 se pueden observar de manera sintética dichas áreas, así como la denominación que se les ha asignado.

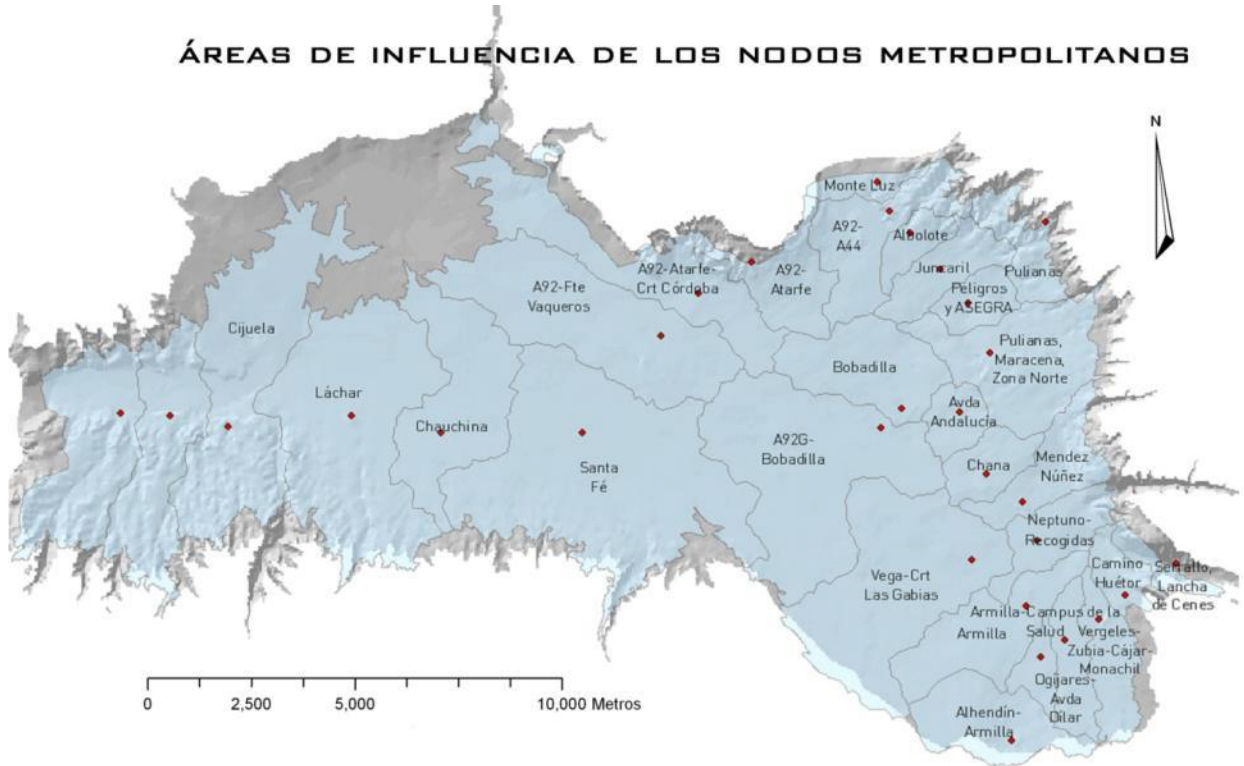


Figura 4-20: Áreas de influencia de los nodos de transporte metropolitano.

4.4.2 LAS ÁREAS DE INFLUENCIA Y LA CARGA URBANA.

A partir de las *áreas de influencia*, es posible obtener de manera sencilla las superficies de ocupación urbana o *cargas urbanas* que cada uno de los nodos soporta. Así, a través de un análisis SIG de polígono en polígono (Bosque, 1992; Gutiérrez y Gould, 1994) se puede asignar a cada una de las áreas un valor que aporte información acerca del grado de ocupación que presentan. De esta forma se obtiene finalmente una cartografía en la que cada una de las áreas de influencia, y con ella cada nodo, presentan un valor de superficie urbana asociado. Calculando una relación entre la superficie del área de influencia y la *carga urbana* que soporta, se puede mostrar igualmente el grado de *saturación urbana* para cada área. Este valor de saturación, puede observarse de forma gráfica en la Figura 4-21.

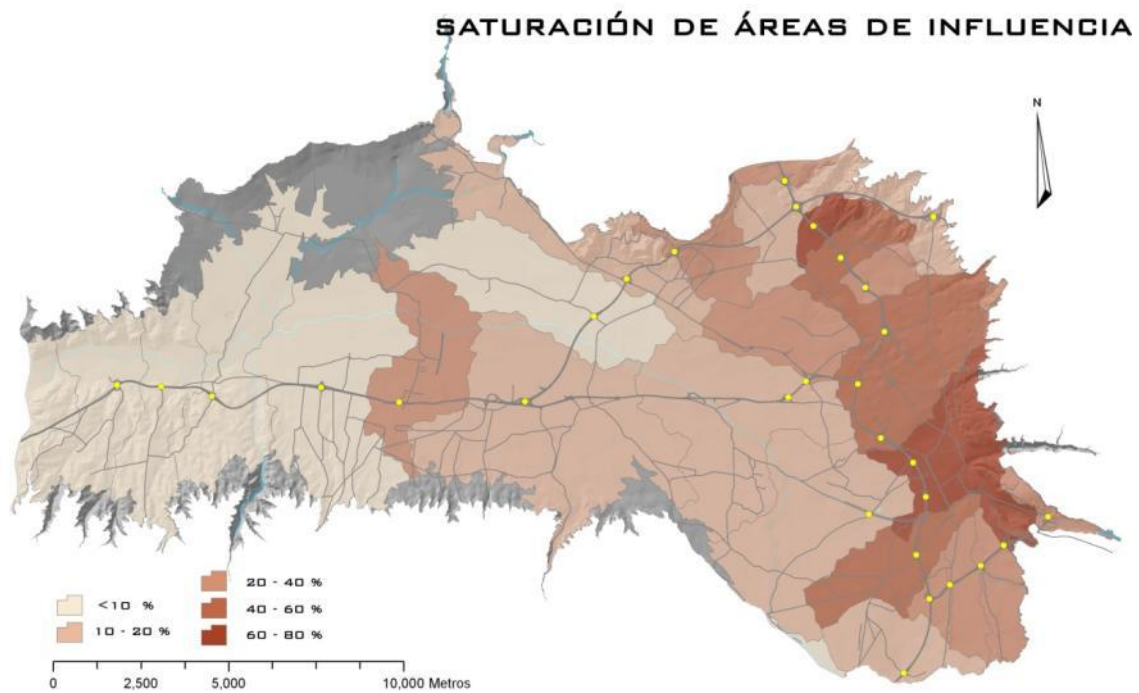


Figura 4-21: Saturación urbana de las áreas de influencia de los nodos

Los mismos resultados en forma tabular se presentan en la Tabla 4-3 en la que quedan recogidos tanto los valores de *carga urbana* de cada nodo como el valor de *saturación urbana* del área de influencia.

Áreas	Carga urbana	Supf. Área	Saturación del área
Monte Luz	31.18	151.78	0.21
Albolote	134.92	194.95	0.69
Pulianas	43.00	329.30	0.13
Juncaril	211.88	384.92	0.55
A92-A44	121.17	667.49	0.18
Peligros y ASEGRA	93.32	237.63	0.39
Atarfe	122.26	472.13	0.26
A92-Atarfe-Crt Córdoba	200.24	1183.88	0.17
A92-Fte Vaqueros	71.62	1556.15	0.05
Bobadilla	189.20	744.22	0.25

Pulianas-Maracena Zona Norte	553.53	975.69	0.57
Avda Andalucía	122.52	230.78	0.53
Chana	132.49	301.51	0.44
Méndez Núñez	372.83	466.77	0.80
Chauchina	325.74	1099.4 2	0.30
Cijuela	153.58	1773.6 5	0.09
Neptuno Recogidas	268.24	403.94	0.66
A92G-Bobadilla	276.19	1867.5 3	0.15
Camino de Huétor	161.45	208.88	0.77
Serrallo-Lancha de Cenes	48.88	149.19	0.33
Armillá	381.97	727.40	0.53
Campus de la Salud-Armilla	45.58	166.87	0.27
Ogijares	92.89	331.28	0.28
Santa Fé	315.49	2729.5 1	0.12
Vega-Crt Gabias	298.92	1706.9 1	0.18
Alhendín Armilla	120.53	634.00	0.19
Láchar	97.60	2031.2 3	0.05
La Zubia	84.01	400.11	0.21

Tabla 4-3: Carga y saturación urbana de los principales nodos metropolitanos

Se puede observar la notable diferencia existente entre los nodos analizados, que presentan valores de *carga urbana* que oscilan desde algunas decenas de Ha, hasta valores superiores a las 500. En este sentido, generalmente aquellos nodos que recogen los flujos de tráfico de las zonas céntricas de la ciudad de Granada presentan unos valores más altos. Buenos ejemplos de ello los constituyen los valores de los nodos de Armilla (380 Ha), Méndez Núñez, con casi 370 Ha, Neptuno con 270, etc. Sin embargo los valores más altos se encuentran en el nodo de Pulianas-Maracena-Zona Norte, con valores de más de 550 Ha, debido al gran tamaño del área de influencia que presenta.

Valores bajos se pueden encontrar por otra parte en aquellos nodos más alejados de la capital como el de Láchar, Fuente Vaqueros, etc, en el que existen menos zonas urbanas que dependan del área de influencia.

Con objeto de buscar una forma más ilustrativa de observar los valores de *carga urbana* que presenta cada uno de los nodos, se ha elaborado un gráfico de ocupación urbana para cada una de las vías estudiadas, en el que se representa la variación de dicha ocupación a lo largo de la longitud de cada vía.

Para ello, cada una de estas vías se ha representado sobre unos ejes cartesianos, de tal forma que sobre el eje de abscisas, que simboliza los kilómetros del eje metropolitano, se han representado los diferentes nodos seleccionados, mientras que en el eje de coordenadas se ha representado la *carga*

urbana que soporta cada una de las áreas de influencia en ha. De esta se construye un *perfil de ocupación urbana* del eje metropolitano. La Figura 4-22 muestra dicho perfil para el eje metropolitano formado por la A-44 (Circunvalación) a su paso por Granada y la Ronda Sur.

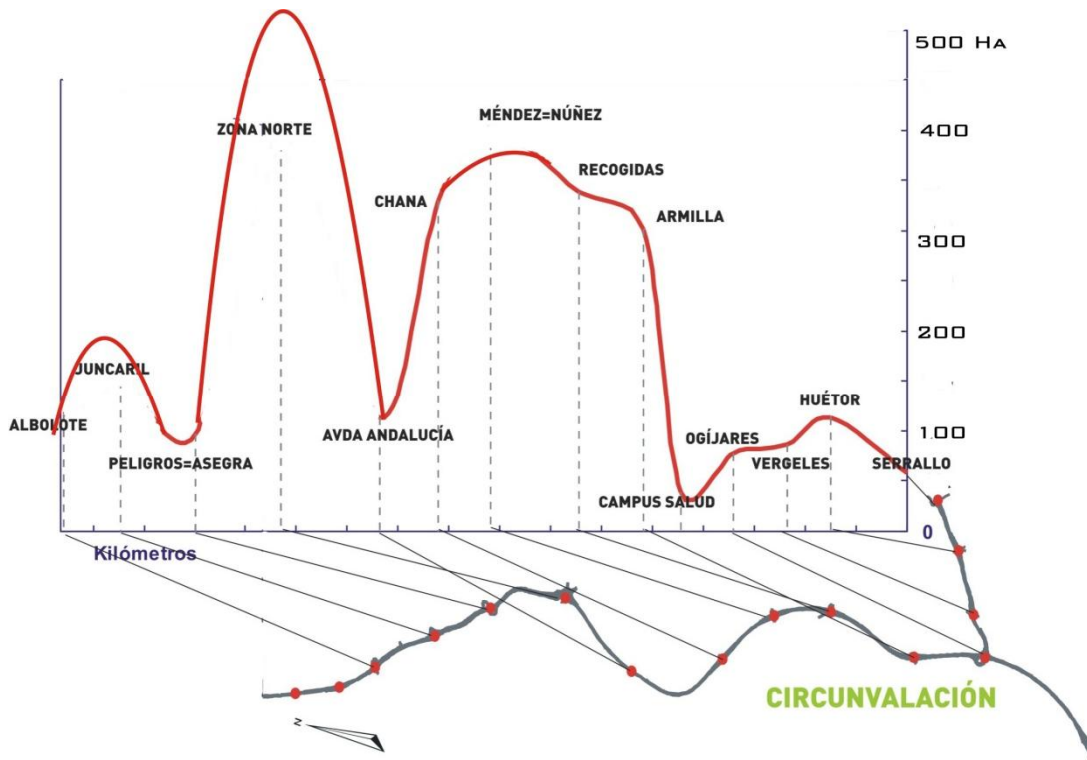


Figura 4-22: Perfil de la variación de la carga urbana de la vía A-44 (circunvalación) a lo largo de su longitud.

Se observa como los principales valores de ocupación urbana se alcanzan en aquellos nodos más cercanos a la ciudad de Granada, especialmente los que se corresponden con las zonas más céntricas (nodos de "Recogidas" y "Méndez Núñez"). Igualmente destacan algunos otros con un carácter más metropolitano, al prestar servicio a varios núcleos urbanos, como puede ser el de "Armillas", que sirve a este núcleo así como a una parte importante de la zona Sur-Oeste de la capital, o el de la "Zona Norte" con la mayor carga urbana de toda la vía A-44, debido a que sirve al núcleo urbano de Maracena, así como a los barrios de la zona más septentrional de la ciudad de Granada.

Los nodos que sirven a las zonas industriales ubicadas en la zona Norte, concretamente los de "Peligros" y "ASEGRA" no presentan unos valores elevados de carga urbana, pero en cualquier caso presentan problemas de congestión, debido a la gran cantidad de tráfico pesado que deben soportar al dar al acceso a las zonas industriales.

Cabe señalar también que los nodos que forman parte de la Ronda Sur ("Huétor" y "Vergeles") presentan en este análisis una superficie baja por no incluirse en el ámbito de estudio los municipios de la Corona Sur (La Zubia, Cájar, Monachil...).

Para el caso de la vía A-92, (Figura 4-23), los valores de superficie son en este caso sensiblemente inferiores en general a los de la A-44, encontrando las mayores *cargas urbanas* en los nodos "Santa Fé" y "Chauchina" que se encuentran muy cercanos a los núcleos de población del mismo nombre. Este hecho tiene su explicación en la ubicación de la propia A-92, que se encuentra a una mayor distancia de los núcleos urbanos. En cualquier caso, en aquellas zonas en las que la A-92 se sitúa en una posición más

cercana a los núcleos, y en las que funciona más como una vía de carácter metropolitano, los valores de la *carga urbana* son mayores (nodos "Santa Fé" y "Atarfe" por ejemplo)⁸.

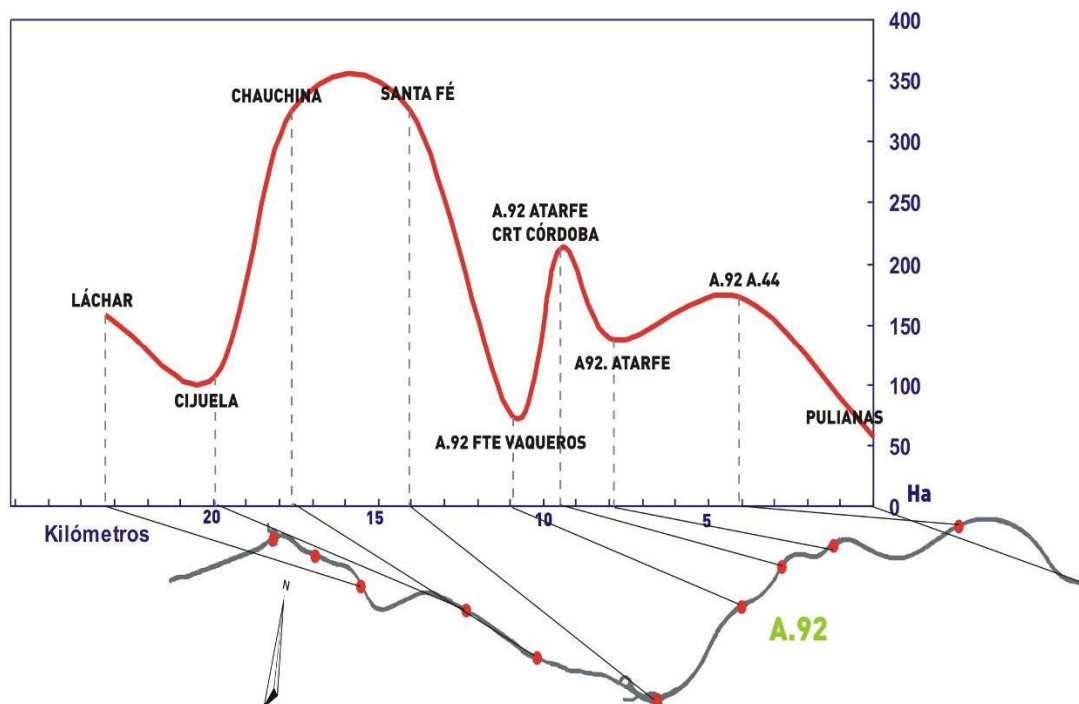


Figura 4-23: Perfil de la variación de la carga urbana de la vía A-92 a lo largo de su longitud.

4.4.3 LAS ÁREAS DE INFLUENCIA Y LA CARGA METROPOLITANA

Estimada la *carga urbana*, la siguiente componente a estimar era la denominada *carga metropolitana*, la cuál es generada sobre los diferentes nodos como consecuencia de la existencia de un conjunto de centralidades metropolitanas, ya sean equipamientos y servicios con vocación metropolitana (Hospitales, campus universitarios, campus tecnológico de la salud), intercambiadores y centralidades del transporte público (las estaciones de ferrocarril y autobús y el aeropuerto), parques comerciales y de ocio, el centro administrativo/comercial de la capital, etc; que prestan una serie de servicios a toda la AUG. Así pues esta *carga metropolitana* puede entenderse como el grado en que un área de influencia presenta en su interior diferentes centralidades metropolitanas. No en vano, la presencia de centralidades de este tipo en un área de influencia, debe, en principio generar un mayor tráfico metropolitano sobre el nodo propio, constituyendo una carga extra a añadir a la que los nodos reciben directamente por la superficie urbana que soportan.

En este sentido, y para identificar aquellos nodos que presentan carga metropolitana, es necesario identificar y localizar las principales centralidades metropolitanas existentes en la AUG, las cuales se han obtenido a partir de los datos existentes en el PGOU de la ciudad de Granada, el Plan de Ordenación del Territorio de la AUG y el conocimiento local adquirido a lo largo del desarrollo del trabajo.

⁸ En el capítulo 9 se presentará un análisis similar a este en el que además de incluirse la ocupación urbana se han presentado igualmente los valores de conectividad del paisaje, de tal forma que se puedan detectar áreas o nodos de concentración urbana a la vez que áreas o nodos de una mayor conservación paisajística.

Las centralidades seleccionadas han sido los centros hospitalarios, campus universitarios, estaciones e intercambiadores de transporte público, parques comerciales y de ocio, así como el centro administrativo de la capital. La Figura 4-24 las muestra.

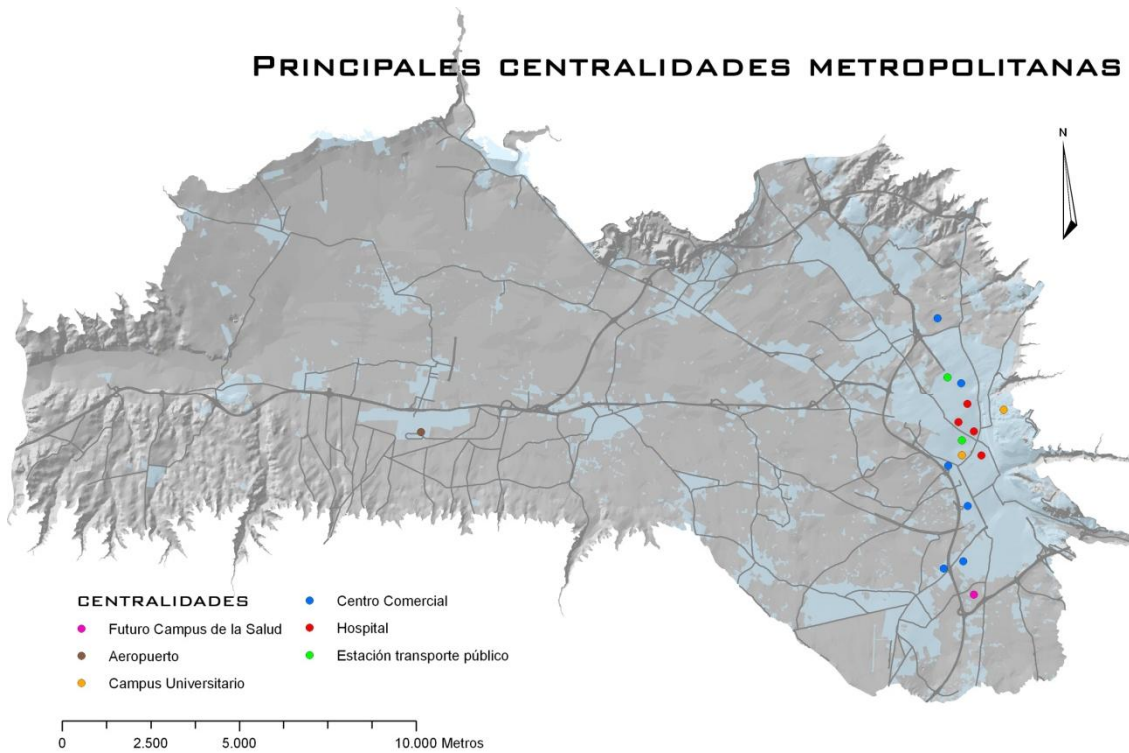


Figura 4-24: Principales centralidades metropolitanas en la AUG

Una vez seleccionadas, para identificar los nodos con carga metropolitana únicamente es necesario detectar las áreas de influencia en las que se encuentra cada una de las centralidades, mediante un análisis de punto en polígono. De esta forma, los nodos cuyas áreas de influencia incluyan centralidades metropolitanas serán *nodos con carga metropolitana*.

La Figura 4-25 muestra estos nodos, de tal forma que se observa cómo generalmente los nodos con *carga metropolitana* coinciden además con las *mayores cargas urbanas*, de tal forma que se tratará de nodos especialmente conflictivos en lo que a tráfico y desplazamientos se refiere.

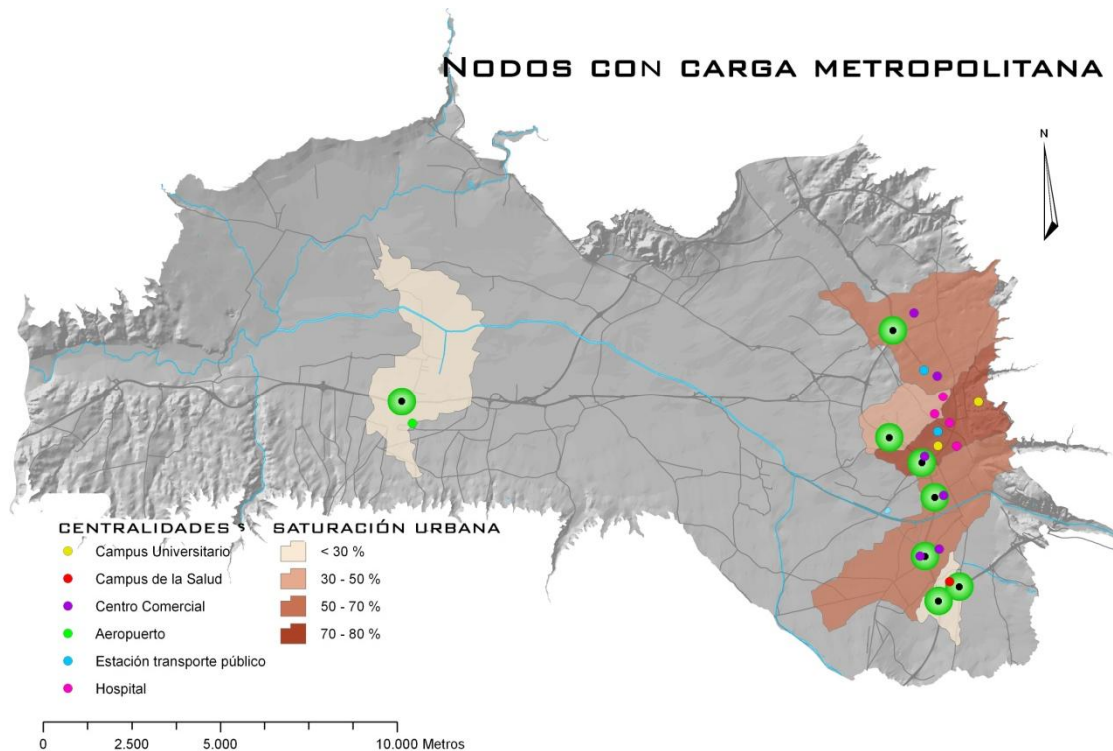


Figura 4-25: Áreas de influencia y nodos con carga metropolitana

4.4.4 LA SATURACIÓN METROPOLITANA DE LOS NODOS

Finalmente, una vez evaluada la carga urbana y metropolitana de los nodos y sus áreas de influencia, se puede completar el análisis con el estudio de la *saturación* que presentan los distintos nodos. Para ello se ha propuesto una clasificación cualitativa de la saturación metropolitana de los nodos, en función de la carga urbana, el porcentaje de ocupación urbana del área de influencia, así como la carga metropolitana que presentan cada uno de ellos. Cuatro son las categorías propuestas:

Nodos metropolitanos fuertemente saturados: se trata de aquellos nodos que presentan una fuerte carga metropolitana (generalmente varias centralidades metropolitanas) y que además presentan unos valores altos o muy altos de ocupación urbana y así como de porcentaje de ocupación de sus áreas de influencia.

Nodos saturados: Aquellos nodos con la presencia de alguna centralidad metropolitana que soportan una superficie urbana importante y valores de porcentaje de ocupación del área de influencia igualmente elevados, pero que no suponen una saturación extrema de los mismos.

Nodos en proceso de saturación. Son aquellos nodos que o bien presentan alguna centralidad metropolitana pero escasa ocupación urbana, o bien ninguna centralidad metropolitana pero una carga urbana considerable con una tendencia al crecimiento.

Nodos con escasa o nula saturación: Se trata de aquellos nodos que no presentan carga metropolitana, y cuyos valores de superficie urbana y de porcentaje de ocupación de su área de influencia son bajos.

Los resultados de aplicar a los distintos nodos y áreas de influencia la clasificación propuesta se muestran en la Tabla 4-4.

ÁREAS	SUPERFICIE URBANA	SATURACIÓN	CENTRALIDADES	CATEGORÍA
Monte Luz	31.18	0.21	0	Nodo con escasa o nula saturación
Albolote	134.92	0.69	0	Nodo en proceso de saturación
Pulianas	43.00	0.13	0	Nodo con escasa o nula saturación
Juncaril	211.88	0.55	0	Nodo en proceso de saturación
A92-A44	121.17	0.18	0	Nodo con escasa o nula saturación
Peligros y ASEGRA	93.32	0.39	0	Nodo en proceso de saturación
Atarfe	122.26	0.26	0	Nodo con escasa o nula saturación
A92-Atarfe-Crt Córdoba	200.24	0.17	0	Nodo en proceso de saturación
A92-Fte Vaqueros	71.62	0.05	0	Nodo con escasa o nula saturación
Bobadilla	189.20	0.25	0	Nodo en proceso de saturación
Pulianas-Maracena Zona Norte	553.53	0.57	3	Nodo Metropolitano fuertemente saturado
Avda Andalucía	122.52	0.53	0	Nodo en proceso de saturación
Chana	132.49	0.44	2	Nodo metropolitano saturado
Méndez Núñez	372.83	0.80	5	Nodo Metropolitano fuertemente saturado
Chauchina	325.74	0.30	1	Nodo en proceso de saturación
Cijuela	153.58	0.09	0	Nodo con escasa o nula saturación
Neptuno Recogidas	268.24	0.66	1	Nodo Metropolitano fuertemente saturado
A92G-Bobadilla	276.19	0.15	0	Nodo en proceso de saturación
Camino de Huétor	161.45	0.77	0	Nodo en proceso de saturación
Serrallo-Lancha de Cenes	48.88	0.33	0	Nodo con escasa o nula saturación
Armillá	381.97	0.53	2	Nodo Metropolitano fuertemente saturado
Campus de la Salud-Armilla	45.58	0.27	1	Nodo en proceso de saturación ⁹
Ogijares	92.89	0.28	0	(Ver Nota al pie) ¹⁰
Santa Fé	315.49	0.12	0	Nodo en proceso de saturación
Vega-Crt Gabias	298.92	0.18	0	Nodo en proceso de saturación
Alhendín Armilla	120.53	0.19	0	Nodo con escasa o nula saturación
Láchar	97.60	0.05	0	Nodo con escasa o nula saturación
La Zubia	84.01	0.21	0	(Ver nota al pie)

Tabla 4-4: Saturación metropolitana de los nodos de la red viaria de alta capacidad

⁹ En el caso del Nodo del Campus de la Salud-Armilla, a pesar de estar catalogado de acuerdo con los criterios descritos como un nodo en proceso de saturación, su situación es muy diferente actualmente (2008), con la ubicación de un importante parque tecnológico y de innovación, así como con el traslado de centros de investigación y facultades de la Universidad de Granada.

¹⁰ Para el caso de los nodos que dan acceso a los núcleos de la cornisa Sur (Ogijares, Cájar, La Zubia, etc), la no inclusión en el ámbito de estudio de estos núcleos provoca que no sean catalogados de acuerdo con su situación real, que probablemente los situase en la categoría "Saturado".

Se puede observar como existen, al menos, 4 nodos catalogados como nodos metropolitanos fuertemente saturados, esto es, con presencia de centralidades metropolitanas así como con una carga urbana muy importante. En este sentido el nodo de "Méndez Núñez", que da acceso a 5 lugares de centralidad metropolitana se convierte en uno de los puntos más conflictivos y de mayor presión urbana sobre la red de infraestructuras de transporte, seguido del nodo "Pulianas-Maracena-Zona Norte", el cuál presenta la mayor carga urbana de todos los nodos, así como tres centralidades metropolitanas. Los otros nodos catalogados como fuertemente saturados son los de "Neptuno-Recogidas" y el de "Armillá".

Tras estos nodos en una situación de fuerte saturación, la siguiente categoría de nodos saturados¹¹ incluye al nodo "Chana", que presenta varias centralidades metropolitanas pero que en cambio no tiene una carga urbana muy elevada. El resto de los nodos se incluyen en las categorías de nodos en proceso de saturación o de nodos con escasa o nula saturación, por lo que su estado en lo que a presión urbana sobre la red de infraestructuras podría catalogarse como bueno.

4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO DE LA RED VIARIA Y LA ACCESIBILIDAD

Las principales conclusiones que pueden derivarse de los análisis de accesibilidad y evolución del sistema viario son las siguientes:

- La red viaria metropolitana ha experimentado un desarrollo muy importante en el periodo de estudio, para permitir la articulación de los importantes cambios en la ocupación urbana que igualmente han tenido lugar.
- La mayor parte de los desarrollo de la red de infraestructuras viarias ha recaído sobre la vías de gran capacidad, especialmente a partir de la década de los 90.
- Las nuevas redes viarias han permitido un importante incremento de la accesibilidad territorial, especialmente en zonas muy inaccesibles anteriormente, y facilitando el proceso de incremento de la ocupación urbana, con el que se encuentra íntimamente relacionado.
- La red viaria metropolitana ha producido a su vez un incremento de la presión de las zonas urbanas sobre el propio sistema viario, en especial sobre los nodos de accesos a las mismas, generando procesos de saturación de dicho sistema con una distribución desigual, especialmente grave en el caso de aquellos nodos cercanos a la ciudad de Granada, como revelan los análisis de la carga y saturación urbana.
- Las principales centralidades metropolitanas tienden a concentrarse en la ciudad de Granada o sus alrededores
- Esta ubicación genera un incremento de la carga metropolitana extra sobre los nodos en cuya área de influencia se encuentran, incrementando la saturación de aquellos nodos que ya presentaban una mayor carga y saturación urbana.

¹¹ El nodo "Chauchina" podría haberse incluido en la categoría de nodos saturados al tener una carga urbana importante y una centralidad metropolitana, en este caso el aeropuerto Federico García Lorca. Sin embargo al provenir la mayor parte del suelo ocupado de esta centralidad, se ha estimado que era recomendable incluirlo en la categoría de nodos en proceso de saturación.

- En función del nivel de la saturación metropolitana de los diferentes nodos, es posible establecer una clasificación de los mismos, a modo de diagnóstico de la situación existente.

5. LOS PATRONES DE OCUPACIÓN URBANA

RESUMEN

En el presente capítulo se realiza un estudio de las diferentes formas de ocupación del suelo que se han producido en la AUG como una de las importantes dimensiones del cambio espacial metropolitano introducido en los anteriores capítulos, así como su relación con factores como la accesibilidad, o la contigüidad espacial. Se han identificado cuatro patrones básicos de ocupación, los cuales se han ilustrado a través de diferentes ejemplos a la vez que se han analizado las principales características morfo-espaciales de los mismos. A partir de estos cuatro patrones se ha realizado la cartografía de patrones de ocupación en el ámbito de estudio, a la vez que se sientan las bases para el planteamiento de posibles tendencias en las formas de ocupación del territorio que puedan ser simuladas.

Palabras clave: Patrones de ocupación urbana, crecimiento lineal, crecimiento agregado, crecimiento nodal, crecimiento en urbanizaciones

ABSTRACT

In this chapter a study of urban growth patterns in the metropolitan area of Granada is presented. Four urban patterns were described using factors as accessibility or contiguity: linear growth, aggregated growth, disperse growth and junction growth. In addition, the main spatial characteristics of these patterns were analysed. After that, an urban land use pattern map was generated, showing pattern distribution in the study area as well as possible urban growth trends in the future.

Keywords: Urban growth patterns, linear growth, aggregated growth, junction growth, disperse growth

ÍNDICE DE CAPÍTULO

5.	LOS PATRONES DE OCUPACIÓN URBANA	121
5.1	INTRODUCCIÓN	123
5.2	DEFINICIÓN DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN	124
5.3	LA EXPLORACIÓN DE LOS PATRONES METROPOLITANOS DE OCUPACIÓN.....	126
5.3.1	PATRÓN DE CRECIMIENTO AGREGADO	126
5.3.2	PATRÓN DE CRECIMIENTO LINEAL	128
5.3.3	PATRÓN DE CRECIMIENTO EN URBANIZACIONES	130
5.3.4	PATRÓN DE CRECIMIENTO NODAL.....	132
5.4	CARTOGRAFÍA DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN EN LA AUG.....	133
5.5	CONCLUSIONES	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1:	Localización de las áreas ejemplo de cada uno de los patrones.	126
Figura 5-2:	Esquema del Patrón de crecimiento por agregación de nuevas zonas al tejido urbano	127
Figura 5-3:	Crecimientos asimilables al patrón compacto en la Zona Norte de la ciudad de Granada. 1984 a la izquierda con esquema de crecimiento que tendrá lugar y 2004, derecha.	127
Figura 5-4:	Esquema de representación de los crecimientos lineales en torno a un eje de comunicación. Generalmente lo protagonizan usos industriales y mixtos.	128
Figura 5-5:	Crecimientos asimilables al patrón de crecimiento lineal en la N-432 (1977 con esquema de crecimiento y 2004).....	129
Figura 5-6:	Crecimientos asimilables al patrón de crecimiento lineal en una vía metropolitana secundaria (acceso al núcleo de La Zubia (1977 a la izquierda con esquema de crecimiento y 2004 a la derecha)..	129
Figura 5-7:	Esquema de representación de la ocupación en urbanizaciones, separadas de los núcleos principales y consolidados.	130
Figura 5-8:	Crecimientos asimilables al patrón en urbanizaciones dependientes de una vía metropolitana (1977 a la izquierda con esquema de crecimiento y 2004 a la derecha)	131
Figura 5-9:	Crecimientos siguiendo el patrón "urbanizaciones". Urbanización Monte Luz. (1977 con esquema de crecimiento y 2004)	132
Figura 5-10:	Esquema de representación de la ocupación nodal. Suelen presentar este patrón usos comerciales y terciarios.	132
Figura 5-11:	Crecimientos siguiendo el patrón nodal en torno al nodo de Armilla. (A la izquierda 1977 con las futuras zonas comerciales generadas tras la construcción del nodo de crecimiento y a la derecha la situación en 2004).....	133
Figura 5-12:	Cartografía de los patrones en el AUG a nivel global	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1: Influencia de diversos factores en los distintos patrones de crecimiento (+++ alto; ++ moderado; + leve) 125

5.1 INTRODUCCIÓN

La ocupación urbana y la transformación de la red de infraestructuras viarias se han mostrado como claros elementos que ponen de manifiesto la transformación metropolitana que ha tenido, y está teniendo, lugar en la AUG en los últimos años. En cualquier caso, otro importante aspecto a tener en cuenta, como una dimensión más de dicha transformación metropolitana, es la forma en la que se produce la ocupación urbana del territorio, o lo que es lo mismo, el patrón (Alexander *et al*, 1977) con el que tienen lugar tan importantes cambios.

No en vano, la tipología o morfología de los distintos modos de ocupación (Ludeña, 2001; Wilson, Hurd, Civco, Prisloe y Arnold, 2003; Li, Yang y Liu, 2008) condicionan las consecuencias que dicha ocupación tiene sobre la propia ciudad (Azócar, Sanhueza y Henríquez, 2003) y los modos de vida en ella (Naredo y Rueda, 1997), el consumo de energía y sistema de transporte metropolitano que presentan, (Newman y Kenworthy, 1999), o la fragmentación e impactos que tienen lugar sobre paisajes naturales en los que se produce (Forman, 1995; Antrop, 2000; Botequilha y Ahern, 2002)

Es por ello que la identificación de patrones de crecimiento y ocupación constituye una importante herramienta para el diagnóstico y la valoración del cambio metropolitano que ha tenido lugar en la AUG, más aún en un contexto de rápida transformación urbana en la que los cambios parecen desarrollarse cada vez a más velocidad (Rueda, 1997). Además, la definición y desarrollo de instrumentos de este tipo se convierte en herramienta de comparación de los desarrollos y cambios en las estructuras y formas urbanas de diferentes ciudades (Kasanko *et al*, 2006) como se pone de manifiesto en los trabajos de Font (1999); Wilson *et al* (2003); Font *et al* (2004), Indovina *et al* (2005), EEA (2006a) en los que la identificación de dichos patrones permite detectar y comparar formas de crecimiento en diversas metrópolis, desde el punto de vista morfológico, o los de Li *et al* (2008) en los que la identificación de patrones se aplica posteriormente a la modelización urbana.¹

Para ello, en el presente capítulo se han identificado los principales patrones de ocupación urbana que la AUG ha experimentado en los últimos años, entendidos como un instrumento para la descripción de formas, procesos y tiempos de desarrollo del área metropolitana. Cada uno de los patrones que se presentan, ha sido identificado y descrito de acuerdo a un conjunto de criterios cualitativos, que han permitido desde su descripción conceptual, su identificación visual y su cartografiado. En este sentido, la cartografía presentada en el epígrafe 5.4 ha sido resultado del proceso de interpretación de las ortofotografías disponibles para el año 2004, descritas en el capítulo 2, constituyendo una nueva aportación de este trabajo.

¹ Este trabajo presenta un enfoque similar al de esta tesis, al indagar en diferentes patrones de ocupación urbana, con el objetivo de simularlos posteriormente.

5.2 DEFINICIÓN DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN

La primera herramienta necesaria para la definición e identificación de los diferentes patrones de ocupación no es otra que el establecimiento de un conjunto de criterios cualitativos que permitan dicho proceso. Los criterios empleados están basados en la *accesibilidad y la relación con la red viaria metropolitana* de los diferentes crecimientos; la relación de *contigüidad con otras zonas urbanas* preexistentes que los nuevos crecimientos presentan; el grado de *compacidad* de dichos crecimientos y finalmente, antigüedad o *temporalidad* de los mismos, es decir, a partir de qué períodos comienzan a hacerse patentes dichos patrones en el AUG.

Una descripción detalla de estos criterios es la siguiente:

Accesibilidad: Entendida como capacidad de acceso medida en tiempo a las redes de infraestructuras de transporte y movilidad (nudos, y vías de comunicación) de importancia en la AUG. Aquellas zonas que se encuentren próximas a vías de comunicación de gran capacidad o a importantes nudos de comunicaciones tendrán una accesibilidad alta, de tal forma que aquellos patrones cuyos crecimientos y desarrollos se articulen basándose en dicha proximidad, estarán fuertemente condicionados por este criterio.

Contigüidad espacial: Entendida como la cercanía o proximidad a elementos urbanos ya existentes y consolidados. Los crecimientos que se produzcan adyacentes a zonas urbanas consolidadas pueden considerarse como crecimientos con alta contigüidad espacial, mientras que aquellos que se produzcan aislados implicarán un patrón de crecimiento más disperso.

Compacidad: que tienen que ver con la forma en la que se producen los crecimientos. Aquellos crecimientos que tiendan a generar formas más compactas, similares a un círculo, tendrán unos valores más altos de compacidad, mientras que los que tiendan a tomar formas más lineales tendrán una menor compacidad. Guarda por tanto relación con los dos criterios anteriores.

Temporalidad: que únicamente se refiere al período a partir del cual comienzan a aparecer los diferentes patrones.

De acuerdo con estos criterios descritos, se han identificado cuatro patrones espaciales de ocupación urbana, algunos de los cuales ya han sido identificados en trabajos previos para diversas áreas metropolitanas europeas de importancia (Font *et al* 2004; Indovina *et al*, 2005). Este hecho viene a confirmar la tendencia del ámbito de estudio a compartir procesos y dinámicas emergentes o más o menos consolidadas en diversas ciudades y metrópolis europeas (EEA, 2006, Kasanko *et al*, 2006). Son los siguientes:

Crecimiento agregado: que hace referencia a los crecimientos que se producen adyacentes a la ciudad consolidada, de tal forma que la contigüidad espacial es especialmente determinante.

Crecimiento lineal: que tiende a ocupar las zonas inmediatamente adyacentes a vías de comunicaciones, en los que el criterio de la accesibilidad se convierte en el principal.

Crecimiento en urbanizaciones: crecimientos en muchas ocasiones correspondientes a viviendas de segunda residencia así como a paquetes recientes de áreas residenciales unifamiliares y adosados, que aparecen de forma aislada respecto de los núcleos históricos y/o consolidados y, por tanto, con una morfología dispersa.

Crecimiento nodal: crecimientos surgidos en torno a nudos de comunicaciones atraídos por su fuerte accesibilidad y centralidad.

De esta forma, y de acuerdo con los criterios propuestos, se puede observar cómo las zonas urbanas que responden a patrones de crecimiento agregados se caracterizan por una fuerte contigüidad espacial, que se convierte en el criterio o factor dominante a la hora de definirlos, ya que los nuevos tejidos que crecen atendiendo a este patrón se asientan de forma adyacente a los existentes de manera previa, y generalmente tienden a mostrar un comportamiento compacto.

El crecimiento lineal por su parte está clara y principalmente determinado por el criterio de accesibilidad o de distancia a las vías de comunicación, aunque también es relevante la contigüidad, puesto que muchos de los crecimientos que atienden a este patrón se asientan en zonas adyacentes a áreas que previamente se habían localizado cerca de elementos de la red viaria.

El crecimiento en urbanizaciones estará fuertemente relacionado con la contigüidad espacial, aunque en un sentido inverso, ya que suele evitar la proximidad a las zonas urbanas consolidadas, tratando por definición de ofrecer tranquilidad y separación del "mundo" urbano. Igualmente también se encuentra influenciado, aunque probablemente en menor medida, por el criterio de accesibilidad, ya que la mayor parte de los crecimientos que atienden a este patrón se suelen ubicar en zonas cercanas a infraestructuras de comunicaciones que permiten un acceso, más o menos, rápido y fácil –al menos teóricamente- a este tipo de zonas generalmente residenciales.

Finalmente, para el caso del crecimiento nodal, se puede señalar que se encuentra fundamentalmente influenciado el criterio de accesibilidad, que en este caso sería aportada por los nodos de comunicaciones que dan acceso a la red viaria metropolitana de alta capacidad, en torno a los cuales se producen los crecimientos asimilables a este patrón. Igualmente el criterio de contigüidad espacial también sería influyente, aunque en menor medida, puesto que se produce una atracción por parte de los usos que se establecen en torno a los propios nodos, atrayendo a su vez nuevos desarrollos.

De forma resumida, en la Tabla 5-1 se recogen los diferentes patrones así como los criterios empleados para identificarlos, diferenciándose de forma cualitativa la influencia que cada uno de los criterios presenta sobre los diferentes patrones.

Factores	Patrón			
	Crecimiento Agregado	Crecimiento lineal	Crecimiento en urbanizaciones	Crecimiento nodal
Accesibilidad		(+++)	(+)	(++)
Contigüidad	(+++)	(+)		(+)
Compacidad	(++)			(++)
Antigüedad	Desde 1977	Desde 1984	Desde 1984	Desde 1990

Tabla 5-1: Influencia de diversos factores en los distintos patrones de crecimiento (+++ alto; ++ moderado; + leve)

5.3 LA EXPLORACIÓN DE LOS PATRONES METROPOLITANOS DE OCUPACIÓN.

Tras esta primera descripción de los diferentes patrones de ocupación, se lleva a cabo un análisis detallado de cada uno de ellos a través de la presentación de un conjunto de imágenes-ejemplo representativas de los mismos. Estos ejemplos, se han tratado a través de la presentación de dos imágenes aéreas, correspondientes con las fechas de 1977 y 2004 respectivamente, en las que se muestra el proceso de crecimiento asociado a cada uno de los patrones. Para ello se han seleccionado aquellos lugares del ámbito de estudio cuyas formas de crecimiento son más representativas de los patrones identificados. La Figura 5-1 muestra la ubicación de cada uno de estos ejemplos, los cuales se detallan a continuación.



Figura 5-1: Localización de las áreas ejemplo de cada uno de los patrones.

5.3.1 PATRÓN DE CRECIMIENTO AGREGADO

El crecimiento de la ocupación urbana de acuerdo con el patrón agregado se corresponde con las formas de crecimiento de la ciudad tradicional, en las que prima principalmente la contigüidad espacial, de tal forma que los nuevos desarrollos van apareciendo en las zonas adyacentes a las ya consolidadas. Los crecimientos de este tipo se caracterizan por mantener la estructura diversa de la ciudad tradicional (Dematteis, 1998), en el que la mezcla de usos y de actividades genera un rico intercambio a nivel social (Rueda, 1995).

De forma esquemática, a través de la Figura 5-2 se ha tratado de representar la morfología de este tipo de patrón. En ella, los cuadrantes en tonos oscuros representan las zonas urbanas existentes consolidadas, mientras que los tonos en gris claro representan los nuevos crecimientos asimilables a este patrón. Dentro de los crecimientos que forman parte del patrón, podemos encontrar en el esquema cuadrantes completamente rellenos, que representan crecimientos densos, o cuadrantes rellenos parcialmente que representan crecimientos de más baja densidad. Se observa cómo la mayor parte de los crecimientos que se producen son crecimientos densos, que respetan y se adaptan a la trama urbana preexistente.

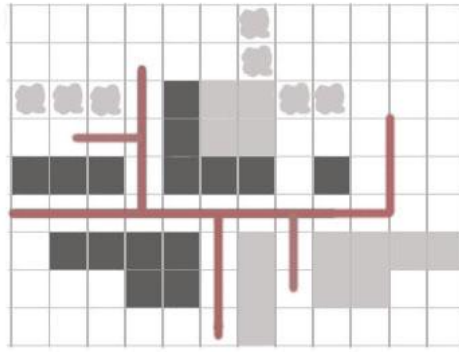


Figura 5-2: Esquema del Patrón de crecimiento por agregación de nuevas zonas al tejido urbano

Como ejemplo de patrón agregado se han seleccionado los crecimientos de la zona Norte de la ciudad de Granada (Figura 5-3), que pueden observarse a través de la secuencia de fotografía aérea de 1984 en blanco y negro y ortofotografía de 2004 en color. Sobre la fotografía aérea de 1984 se ha dibujado el crecimiento de las nuevas estructuras urbanas, en el que se aprecia como el crecimiento tiende a adherirse a los tejidos urbanos existentes, que condicionan la forma de los nuevos crecimientos propios de este patrón. Muchos de los crecimientos se apoyan en varias vías potentes que tienen su inicio en las zonas urbanas existentes previamente, de tal forma que se integran completamente en la ciudad.

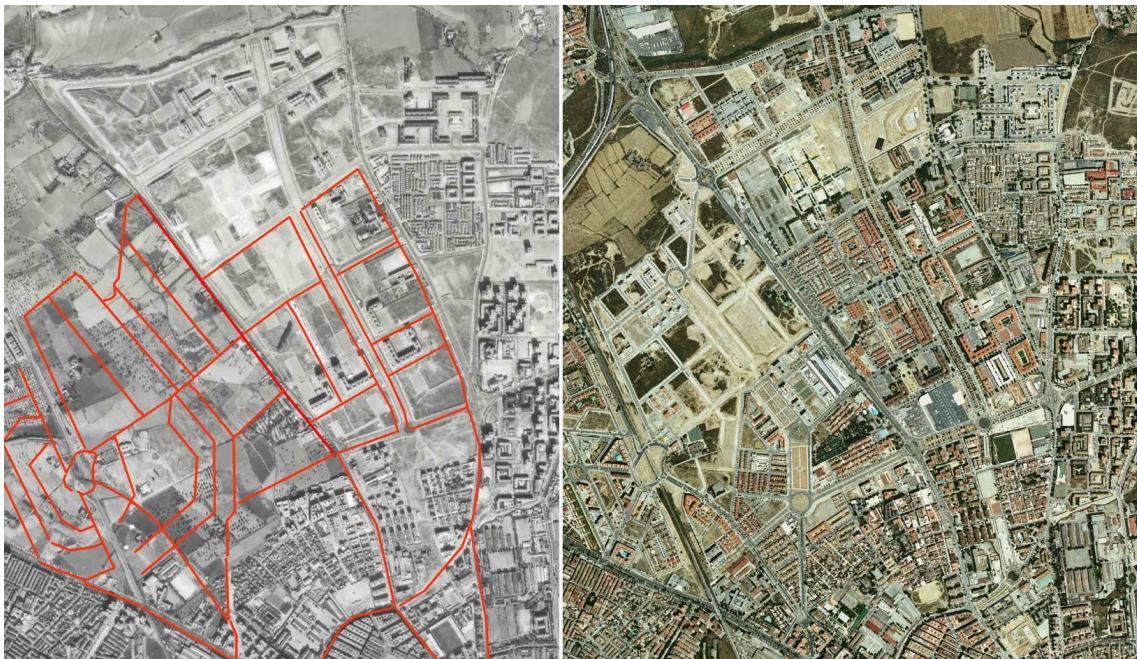


Figura 5-3: Crecimientos asimilables al patrón compacto en la Zona Norte de la ciudad de Granada. 1984 a la izquierda con esquema de crecimiento que tendrá lugar y 2004, derecha.

Este modelo de ocupación agregada de las zonas periféricas manteniendo las densidades del centro descrito por autores como Dematteis (1998), siempre y cuando mantenga una diversidad y mezcla de usos, permite mantener las características de la ciudad compacta bien señaladas por Naredo y Rueda (1997). No obstante, en el caso de áreas metropolitanas, estos crecimientos periféricos pueden dar lugar en algunos casos a procesos de conurbación que acarreen un conjunto de efectos negativos para la propia estructura de los núcleos urbanos que la soportan, como ha sido anteriormente planteado para el caso de la conurbación Granada-Armilla-Churriana, descrita en el capítulo 3.

5.3.2 PATRÓN DE CRECIMIENTO LINEAL

Los patrones de crecimiento lineal se pueden definir de forma sencilla como aquellos crecimientos que se desarrollan principalmente a lo largo de un eje de la red viaria metropolitana que provee de fuerte accesibilidad a los usos que se establecen siguiendo este patrón. Generalmente se caracterizan por estar constituidos por actividades industriales o mixtas (Font et al, 2004) que se implantan en las zonas cercanas a importantes ejes de dicha red viaria, buscando las zonas de alta accesibilidad que faciliten las labores de logística y transporte, aunque también existen crecimientos de este tipo en ciertos paquetes residenciales, en muchas ocasiones como producto de los procesos de urbanización de parcelas agrícolas en torno a caminos de servicio. La Figura 5-4 muestra de forma esquemática la representación de los crecimientos que atienden al patrón lineal.

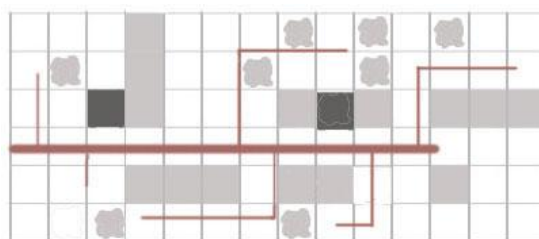


Figura 5-4: Esquema de representación de los crecimientos lineales en torno a un eje de comunicación. Generalmente lo protagonizan usos industriales y mixtos.

En la AUG existen importantes áreas cuyo desarrollo se ha producido de acuerdo con las características espaciales de este patrón, especialmente en las zonas industriales adyacentes a la N-432, en las que esta vía articula los desarrollos que se producen a ambos lados de la misma. Los precios del suelo más bajos en estas zonas (Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1999) así como una buena accesibilidad (Capítulo 4), provocan la atracción de estos usos industriales/comerciales, que buscan además las redes viarias metropolitanas como un auténtico escaparate de sus productos.

En la Figura 5-5 podemos observar el esquema de crecimiento lineal experimentado desde el año 77 hasta 2004, que podemos ver en la parte derecha. Como ya se ha señalado, los crecimientos, generalmente de tipo industrial o industrial/comercial mixto, se producen en torno al eje de la carretera a partir de algunos elementos germinales, dando lugar a la aparición de diversos paquetes que tienden a ocupar toda la superficie situada a ambos lados de la vía que soporta los crecimientos.

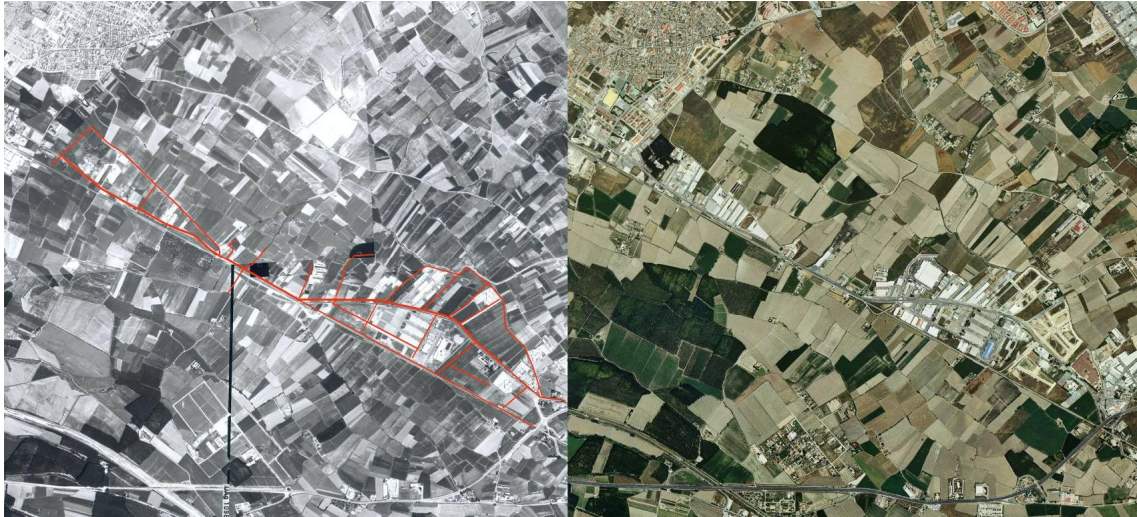


Figura 5-5: Crecimientos asimilables al patrón de crecimiento lineal en la N-432 (1977 con esquema de crecimiento y 2004)

En otras zonas del ámbito de estudio, a una escala más reducida también se pueden encontrar crecimientos lineales residenciales, motivados por la urbanización de parcelas en torno a caminos agrícolas que se transforman en calles, nuevas vías, etc. Éste es el ejemplo de algunos crecimientos que han tenido lugar en las vías comarcales que comunican la capital de la AUG con algunos de los núcleos de la corona metropolitana, como los situados en la zona sur. En Figura 5-6 se puede observar uno de estos crecimientos lineales en la carretera que da acceso a una de las localidades de la cornisa sur de la AUG, en este caso, La Zubia.



Figura 5-6: Crecimientos asimilables al patrón de crecimiento lineal en una vía metropolitana secundaria (acceso al núcleo de La Zubia (1977 a la izquierda con esquema de crecimiento y 2004 a la derecha)

Aunque se aprecian algunos crecimientos de tipo industrial, la mayor parte de los desarrollos son de tipo residencial con parcela propia, algunos de los cuales incluyen en ésta sus propios cultivos de árboles frutales o especies hortícolas, y que mantienen el loteo propio de las parcelas agrícolas primitivas.

5.3.3 PATRÓN DE CRECIMIENTO EN URBANIZACIONES

Bajo la denominación de patrón de ocupación en urbanizaciones se han tratado de agrupar a aquellos conjuntos de paquetes urbanos independientes en lo que a la morfología urbana se refiere y que se caracterizan por un uso residencial de bajas densidades de ocupación así como por estar aislados del resto de zonas urbanas, constituyendo una nueva implantación urbana aislada en el territorio. Suelen estar caracterizados por ser nuevos desarrollos de primera y/o segunda residencia unifamiliar, generalmente, en los que las actividades comerciales o del sector servicios tienen difícil cabida, convirtiéndose en zonas mono funcionales de residencia estival o de fin de semana, con una forma de organización muy simplificada y en las que por otra parte se lleva a cabo un elevado consumo de recursos al modo del sprawl anglosajón (Besussi y Chin, 2003; Frenkel y Ashkenazi, 2008) y que algunos autores han calificado como extremadamente insostenible (Torrens y Alberti, 2003). Debido al aislamiento que presentan con respecto a otras zonas urbanas consolidadas estas áreas urbanas suelen aparecer muy ligados al uso del automóvil, debido a la carencia de servicios existentes en ellas (entre otros de transporte público), lo que las lleva a ubicarse generalmente en las cercanías de vías de transporte metropolitano de alta capacidad que permiten el desplazamiento a los núcleos consolidados que prestan los servicios y equipamientos necesarios.

La Figura 5-7 muestra de forma sencilla los crecimientos que se producen de acuerdo con este patrón, de modo que se han representado los crecimientos que se pueden incluir en este patrón como zonas residenciales de baja densidad que se encuentran alejadas de las zonas urbanas ya consolidadas, manteniendo además una estructura y morfología urbana independiente de las mismas.

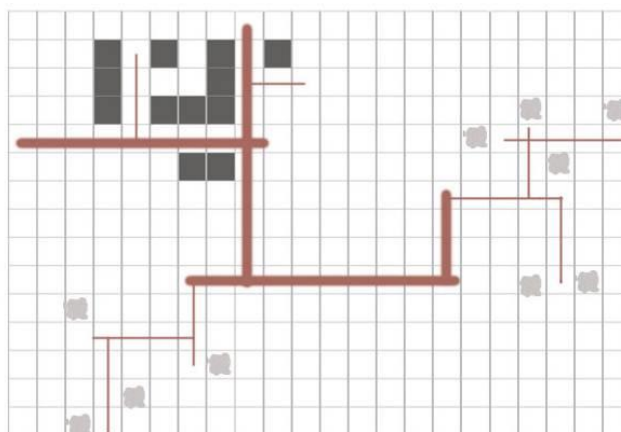


Figura 5-7: Esquema de representación de la ocupación en urbanizaciones, separadas de los núcleos principales y consolidados.

Para mostrar la incidencia y características de este patrón de crecimiento en la AUG, se han seleccionado algunos de los ejemplos de ocupación que atienden a sus características. Concretamente se han seleccionado algunas de las urbanizaciones existentes en la zona norte del ámbito de estudio, en las proximidades de los núcleos de Atarfe y Albolote, surgidas a partir de la década de los 90. Sin embargo también encontramos crecimientos de este tipo en los municipios de la orla Suroeste del ámbito de estudio (Cúllar Vega, Las Gabias, etc). La Figura 5-8 muestra dos ejemplos de urbanizaciones ("Torreón" y "el Chaparral"), ambas situadas en la falda del macizo de Sierra Elvira, en las cercanías de

los núcleos de Atarfe y Albolote, que se caracterizan por una trama urbana “que cuelga” de una vía de comunicación metropolitana en este caso de carácter secundario.

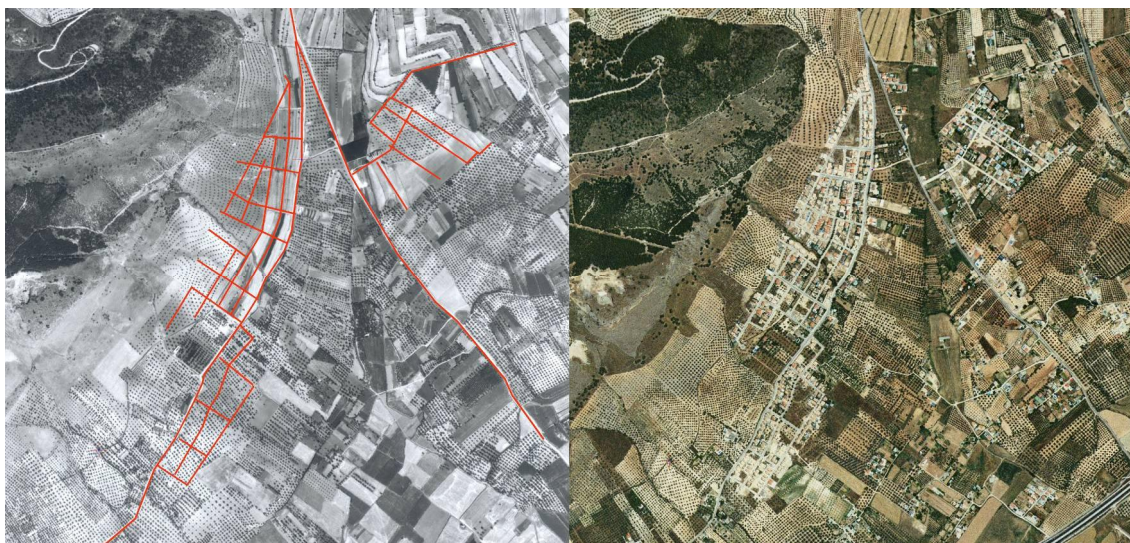


Figura 5-8: Crecimientos asimilables al patrón en urbanizaciones dependientes de una vía metropolitana (1977 a la izquierda con esquema de crecimiento y 2004 a la derecha)

La primera de las urbanizaciones, situada más al oeste en la figura, se localiza tomando como eje principal un camino agrícola que bordea la Sierra, presentando una trama paralela a este como fiel reflejo del mismo. La “Urbanización el Chaparral”, al este y próxima a la primera, se encuentra cercana a la vía que une el municipio de Albolote con el embalse del río Cubillas, con una trama paralela a las vías de las que depende.

Otro ejemplo de este patrón de crecimiento en urbanizaciones se puede encontrar en las proximidades de la vía A-44 que une Granada y Jaén, en la urbanización denominada “Monte Luz”, (Figura 5-9) Esta urbanización presenta una trama especialmente geométrica que se construye a partir de los límites de la parcela agrícola preexistente en la que se asienta. Se observa como la parcelación y la trama viaria existente presenta una estructura de anillos concéntricos en torno a una rotonda central, de tal forma que se priman las relaciones interiores, y generando un cierto aislamiento con respecto al exterior. Esta estructura urbana, así como su ubicación en las proximidades de uno de los nodos de comunicaciones viarias más importantes de toda la AUG hace que se convierta en uno de los mejores ejemplos del patrón en urbanizaciones que ahora se describe.

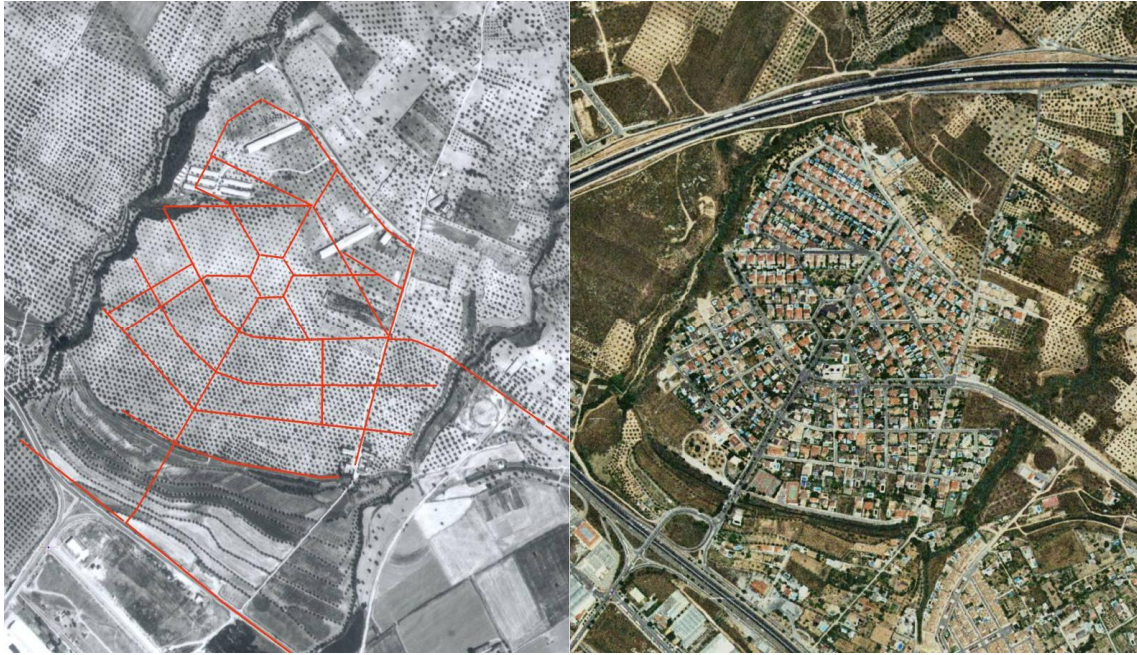


Figura 5-9: Crecimientos siguiendo el patrón "urbanizaciones". Urbanización Monte Luz. (1977 con esquema de crecimiento y 2004)

5.3.4 PATRÓN DE CRECIMIENTO NODAL

El último de los patrones de crecimiento identificado se ha denominado patrón de crecimiento nodal. Se engloban dentro de este patrón el conjunto de crecimientos surgidos en torno a nodos de comunicaciones viarias. Estos crecimientos surgen como consecuencia de la atracción que estos presentan con motivo de su fuerte importancia estratégica en lo que a la accesibilidad se refiere, y el fuerte crecimiento de la movilidad basada en el vehículo privado (Rueda, 1998; Newman y Kenworthy, 1999), que convierte estos nodos en importantes lugares estratégicos si no centrales. Algunos de los usos que suelen presentar este patrón son los usos comerciales, terciarios y de ocio, que se localizan en los entornos de los nodos a modo de grandes superficies que integran desde zonas comerciales, a todo tipo de servicios de ocio. Entre las demanda de ocupación de suelo generada por estos patrones se encuentran las superficies de parking necesarias para garantizar el aparcamiento del vehículo privado. De forma esquemática este patrón se han representado con el esquema de la Figura 5-10, en el que se observa como el nodo aglutina un crecimiento compacto de usos comerciales y terciarios en torno a él, que además se difunde más allá dando lugar a otros crecimientos como por ejemplo residenciales, pero con una ocupación no tan intensiva del espacio.

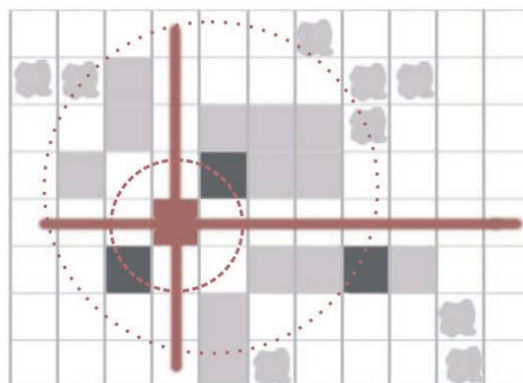


Figura 5-10: Esquema de representación de la ocupación nodal. Suelen presentar este patrón usos comerciales y terciarios.

A la hora de ilustrar este esquema a través de una situación existente en la AUG, se ha seleccionado uno de los nodos más problemáticos existentes en lo que a problemas de accesibilidad y *saturación metropolitana* se refiere (Capítulo 4), de todo el ámbito de la AUG, en el que además del crecimiento residencial que ha tenido lugar como consecuencia de la expansión del núcleo próximo, se han producido importantes desarrollos de zonas comerciales y de ocio en las zonas más próximas al nudo. Se trata del nodo de Armilla, que como se puede observar en la Figura 5-11 ha generado en su entorno una importante transformación a raíz de su construcción poco antes del año 90.

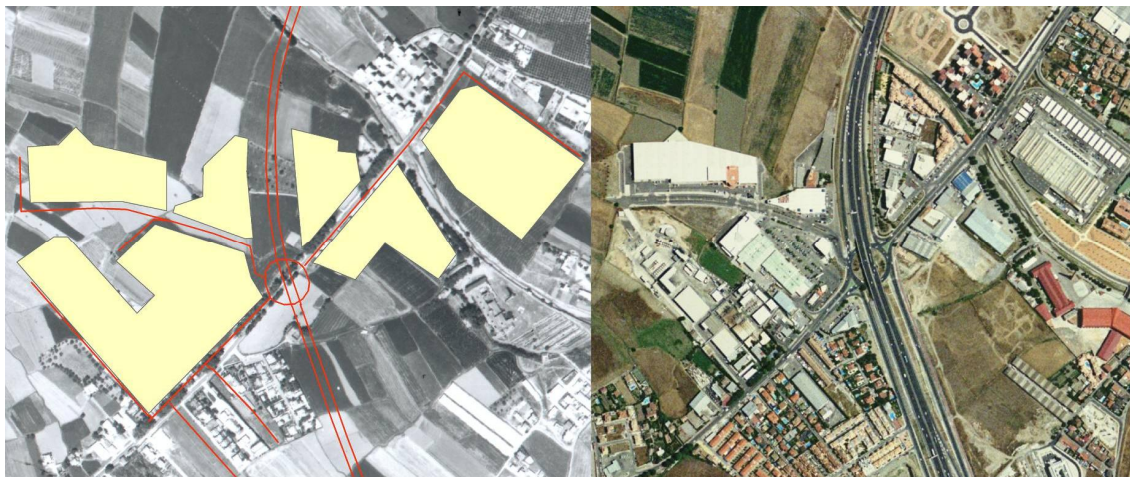


Figura 5-11: Crecimientos siguiendo el patrón nodal en torno al nodo de Armilla. (A la izquierda 1977 con las futuras zonas comerciales generadas tras la construcción del nodo de crecimiento y a la derecha la situación en 2004)

Se produce en primer lugar la ocupación de las zonas más cercanas al nodo por parte de usos comerciales, que además demandan una gran superficie para aparcamientos, logística, etc., con lo que rápidamente se produce una colmatación de las zonas circundantes que dan lugar tanto al incremento de su carga urbana, como a la expansión de estos nuevos usos comerciales a zonas inmediatamente circundantes, que a su vez continúan incrementando dicha carga. Se trata pues de un patrón de ocupación que se aprovecha de la beneficiosa situación de fuerte accesibilidad de los nodos, ocasionando un incremento de la movilidad que tiene el nodo como destino, y por tanto de los problemas de tráfico, que posteriormente se traducen en una disminución de la accesibilidad, con motivo del incremento del tiempo de acceso necesario.

Además, estas áreas que muestran patrones de ocupación son zonas muy poco accesibles para la movilidad peatonal, ya que las altas velocidades de circulación y la inexistencia de accesos adecuados impiden aquellos accesos que no sean motorizados, con lo cual contribuyen de forma forzosa al deterioro de la accesibilidad en la zona.

5.4 CARTOGRAFÍA DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN EN LA AUG.

Una vez descritos los diferentes patrones de ocupación presentes en la AUG, se ha generado una cartografía que trata de clasificar las diferentes zonas urbanas atendiendo a los patrones. Esta cartografía ha sido generada a través de la interpretación visual de la ortofotografía aérea de 2004. El resultado queda recogido en la Figura 5-12

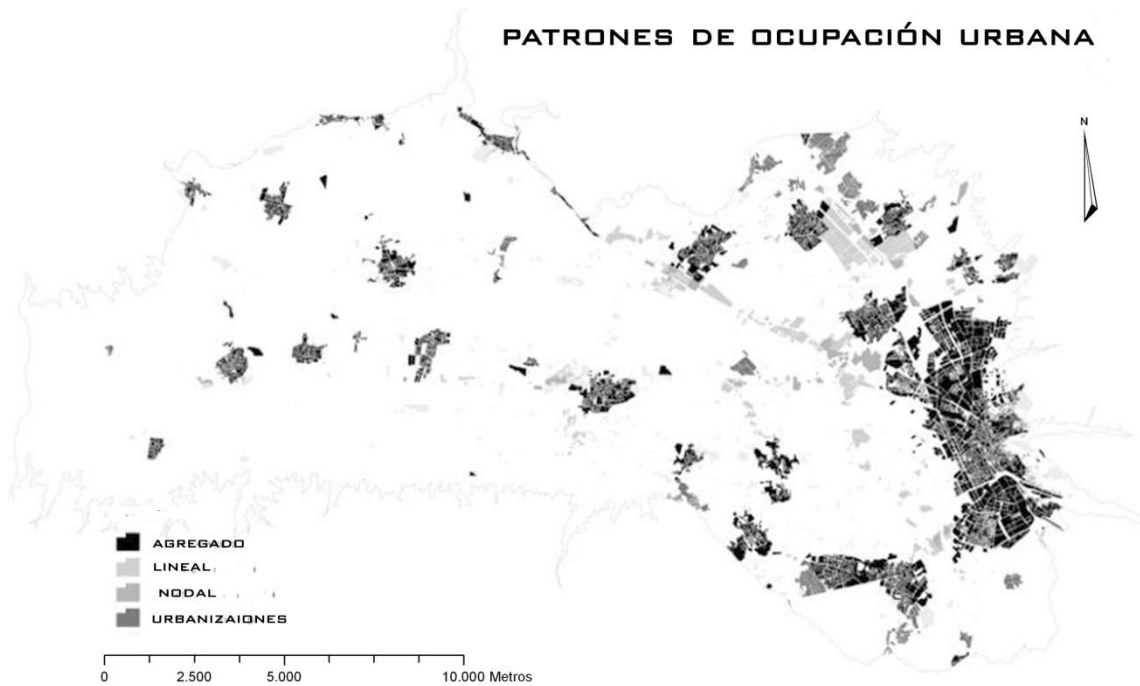


Figura 5-12: Cartografía de los patrones de ocupación existentes en la AUG.

En la figura se puede observar como una buena parte de los núcleos han crecido por agregación, a partir de las zonas urbanas existentes, y que los crecimientos industriales han seguido un patrón predominantemente lineal en torno a los ejes de transporte metropolitano más importantes. Por otra parte los crecimientos en urbanizaciones, generalmente de segunda residencia se localizan en, como se ha descrito anteriormente separados de los núcleos principales y generalmente cercanos a las principales vías de comunicación, de las que dependen para el acceso a la prestación de servicios. Finalmente, los crecimientos nodales, más recientes, se localizan en aquellos nodos estratégicos.

5.5 CONCLUSIONES

Descritos y analizados los diferentes patrones de ocupación urbana en la AUG, así como generada la cartografía que muestra su ubicación en el ámbito de trabajo, las principales conclusiones que se pueden obtener de los resultados mostrados en el capítulo son las siguientes:

- El AUG muestra diferentes tipos de patrones de ocupación urbana, los cuales muestran un evolución temporal que tiende a la introducción de nuevas formas de ocupación como los patrones de ocupación en urbanizaciones.
- Los patrones de ocupación urbana mostrados en la AUG se corresponden con los principales patrones de desarrollo urbano en el resto de áreas metropolitanas europeas.
- Algunos patrones como el de crecimiento agregado están presentes en los procesos de ocupación del suelo desde las fechas del comienzo de los análisis, mientras que otros patrones como el nodal o el de ocupación en urbanizaciones tienen una aparición más tardía en el ámbito de estudio, generalmente potenciadas por el desarrollo de la red viaria de infraestructuras metropolitanas y por los procesos de aglomeración urbana.

- Algunos tipos de patrones de ocupación se encuentran muy vinculados a ciertos usos de ocupación urbana, como en el caso de los crecimientos nodales, muy asociados a zonas comerciales y de servicios, o los patrones en urbanizaciones, generalmente vinculados a zonas urbanas residenciales de baja densidad.
- La accesibilidad, la contigüidad y la compacidad/dispersión se muestran como las principales variables que permiten la definición de los patrones y por ello serán factores clave a la hora de plantearse su representación a nivel de tendencias futuras.
- Las características espaciales de los patrones son muy diferentes, lo que planteará la observación de diferentes consecuencias territoriales en función de los patrones de ocupación dominantes.

6. EL CAMBIO EN LOS USOS AGRÍCOLAS Y EL PAISAJE PERIURBANO.

RESUMEN

El capítulo 6 aborda el estudio de las dinámicas de cambio en los usos del suelo del paisaje periurbano de la AUG a través de la descripción de los principales tipos de usos agrícolas existentes y las cartografías de la ocupación de los mismos en dos momentos temporales diferentes: 1990 y 2004. Tomando como base estas cartografías de ocupación y uso del suelo se ha planteado la realización de un conjunto de análisis de transiciones y cambios de uso empleando SIG que revelarán las principales dinámicas de cambio que han tenido lugar en los últimos años como consecuencia del proceso de transformación global del ámbito metropolitano.

Palabras clave

Cambios usos del suelo, paisaje agrario, matrices de transición

ABSTRACT

In this chapter land use dynamics in the agricultural landscape are presented using GIS cross tabulation analysis. This analysis shows main trends in agricultural landscapes dynamics between 1990 and 2004. Consequently, land use change as a part of the global metropolitan change could be understood.

Keywords

Land use change, agricultural landscape, GIS cross tabulation analysis

ÍNDICE DE CAPÍTULO

6.	EL CAMBIO EN LOS USOS AGRÍCOLAS Y EL PAISAJE PERIURBANO.....	136
6.1	INTRODUCCIÓN	139
6.2	LOS USOS AGRÍCOLAS EN LA VEGA.....	139
6.2.1	REGADÍOS:	139
6.2.2	SECANOS:.....	140
6.2.3	OLIVARES	142
6.2.4	FRUTALES EN REGADÍO.....	142
6.2.5	ÁLAMOS O CHOPERAS.....	143
6.2.6	LOS CULTIVOS DE VID	144
6.2.7	ERIALES.....	145
6.3	LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 1990 Y 2004.....	146
6.3.1	LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 1990.....	146
6.3.2	LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 2004	148
6.4	EL CAMBIO EN LOS USOS AGRÍCOLAS.....	151
6.4.1	MATRICES DE TRANSICION.	151
6.4.2	LA ESTABILIDAD/CAMBIO DE LOS USOS DEL SUELO.....	153
6.4.3	LAS TRANSICIONES DE USOS.....	154
6.5	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LAS ZONAS AGRÍCOLAS	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1: Diferentes cultivos de regadío en la AUG.....	140
Figura 6-2: Cultivos en estado de semi-abandono catalogados como cultivos de secano. Enero de 2006	141
Figura 6-3: Parcela puesta en cultivo de regadío únicamente durante el período primaveral (izquierda, 14 Marzo 2006; derecha, 16 de Abril 2006).....	141
Figura 6-4: Cultivo de Olivar en las proximidades del núcleo urbano de Cúllar Vega.....	142
Figura 6-5: Cultivos de frutales en el sector Sur-Este de la AUG, en las proximidades de los núcleos urbanos de la cornisa Sur (Cájar, La Zubia, Ogijares).....	143
Figura 6-6: Cultivos de choperas en las proximidades de los núcleos urbanos de Atarfe y Santa Fé.....	144
Figura 6-7: Paisaje de los cultivos de álamo en la AUG visto desde la Ribera del río Genil	144
Figura 6-8: Cultivos de Vid en las proximidades de los núcleos urbanos de la cornisa Sur	145
Figura 6-9: Erial en el entorno del río Genil, al Oeste de la ciudad de Granada.....	145
Figura 6-10: Cartografía de los usos agrícolas en la AUG en 1990.. Parcelario Aparente.....	147
Figura 6-11: Cartografía de los usos agrícolas en la AUG en 2004. Parcelario Aparente	149

Figura 6-12: Matriz de coincidencia para el análisis de los cambios en los usos del suelo (en número de píxeles de 20x20m).....	152
Figura 6-13: Estabilidad de los principales usos del suelo que forman parte del paisaje agrícola	153
Figura 6-14: Estabilidad y cambio de los usos agrícolas en la AUG.	154
Figura 6-15: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso regadío.....	156
Figura 6-16: Ganancias y pérdidas netas del uso regadío con respecto al resto de usos (en Ha)	157
Figura 6-17: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso olivar	159
Figura 6-18: Ganancias y pérdidas netas del uso olivar con respecto al resto de usos (en Ha)	160
Figura 6-19: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso chopera	162
Figura 6-20: Ganancias y pérdidas netas del uso chopera con respecto al resto de usos (en Ha)	163
Figura 6-21: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso frutal	165
Figura 6-22: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con respecto al resto de usos (en Ha)	166
Figura 6-23: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso secoano	168
Figura 6-24: Ganancias y pérdidas netas del uso secoano con respecto al resto de usos (en Ha)	169
Figura 6-25: Estabilidad, ganancia y pérdidas de la cobertura erial	171
Figura 6-26: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con respecto al resto de usos (en Ha)	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6-1: Superficies absolutas ocupadas por los diferentes usos del suelo en la AUG.....	148
Tabla 6-2: Superficie media y total de las parcelas de cada uno de los distintos usos en la vega de Granada	150
Tabla 6-3: Ganancias y pérdidas netas del uso regadío con cada uno de los demás usos.....	157
Tabla 6-4: Ganancias y pérdidas netas del uso olivar con cada uno de los demás usos	160
Tabla 6-5: Ganancias y pérdidas netas del uso chopera con cada uno de los demás usos.....	163
Tabla 6-6: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con cada uno de los demás usos	166
Tabla 6-7: Ganancias y pérdidas netas del uso secoano con cada uno de los demás usos.....	169
Tabla 6-8: Ganancias y pérdidas netas de los eriales con cada uno de los demás usos	172

6.1 INTRODUCCIÓN

Descritas aquellas dimensiones urbanas del cambio metropolitano en el AUG a través del estudio de los cambios en la ocupación de suelo, la accesibilidad, y los patrones de ocupación, en el capítulo 6 se aborda el estudio de los cambios en el paisaje agrario de las zonas periurbanas como consecuencia del proceso de transformación de la AUG. Este hecho es además de especial relevancia dado el elevado valor del citado paisaje agrario, tradicionalmente conocido como la Vega de Granada, y reconocido como un lugar de singular valor paisajístico y ecológico (Tarragona, 2003; Fernández, 2004) así como productivo (Rodríguez, 1985).

El análisis y comprensión de las dinámicas paisajísticas que tienen lugar como complemento al estudio de los cambios urbanos, permitirá además sentar las bases para el desarrollo de instrumentos de planificación que tengan en cuenta las características territoriales y eco-paisajísticas del paisaje agrario (capítulo 9) y que además permitan abordar desde un enfoque proactivo del mismo (ver capítulo 10) actuaciones que permitan aprovechar su valor como elemento estratégico para lograr un desarrollo territorial más equilibrado y sostenible

6.2 LOS USOS AGRÍCOLAS EN EL PAISAJE DE LA AUG

Para comenzar el estudio de las dinámicas del paisaje agrario, es necesario en primer lugar llevar a cabo una descripción de las principales características de dicho paisaje, siendo necesario para ello analizar los diferentes tipos de usos existentes. En este sentido, y al respecto de la variedad de trabajos realizados en el ámbito desde distintas perspectivas (Bosque, 1962, Ocaña, 1974, Rodríguez, 1985 o Menor, 2000)¹, se puede afirmar que el paisaje agrícola de la AUG se encuentra ampliamente estudiado.

Sin embargo, de acuerdo con los objetivos de este capítulo, en el contexto del análisis de las dinámicas metropolitanas, el enfoque empleado no está dirigido a llevar a cabo una descripción de las características agrarias, rentas agrícolas, productividad, etc; sino a comprender las transformaciones de usos que existen en el marco del cambio general. Es por ello que los diferentes usos del suelo serán tratados² como elementos conformadores del paisaje, un sistema con una estructura y una función. Así pues, los diferentes usos con los que se ha trabajado en este capítulo están estrechamente relacionados con los ecosistemas o unidades ecológicas y de paisaje que existen en el ámbito de estudio en lugar de con diferentes tipos de unidades de producción agrícola.

6.2.1 REGADÍOS:

El regadío constituye un grupo amplio de cultivos que se puede catalogar como el uso más característico y mayoritario de la comarca de la AUG (Ocaña, 1974). Este conjunto agrupa un número amplio de diferentes tipos de cultivo, muchos de ellos tradicionales que se han cultivado desde hace siglos

¹ Este conjunto de trabajos presenta una descripción rigurosa de los paisajes y características agrícolas y físicas del ámbito de la Vega de Granada, ya sea como unidad de estudio o como parte de un ámbito mayor

² Se trata de un enfoque en relación con el punto de vista de la ecología del paisaje, en el que el cambio en el paisaje se convierte en uno de los aspectos de mayor interés.

(Tarragona, 2003) como pueden ser la patata, ajos, cebolla, o el maíz (Ocaña,1974;) u otros de implantación más reciente, concretamente en el siglo XX, como la remolacha (especialmente en el primer tercio del siglo XX), el tabaco³ (especialmente durante la década de los 40-50, aunque aún es posible encontrar parcelas) o el espárrago (Menor, 2000) (Figura 6-1).



Figura 6-1: Diferentes cultivos de regadío en la AUG.

Estos cultivos de regadío forman parte de las mayores extensiones cultivadas en el ámbito de la AUG constituyendo así la matriz paisajística del ámbito de estudio.

6.2.2 SECANOS:

Los cultivos de secano ocupan de forma teórica aquellos lugares del ámbito de estudio alejados de las redes de acequias que mantienen el regadío en el ámbito de estudio. Es por ello, y como se observará en la cartografía de los usos agrícolas para el año 1990 (epígrafe 6.3.1) que las áreas de secano representaban un escaso porcentaje en superficie. Sin embargo su importante presencia en la cartografía del año 2004 (epígrafe 6.3.2) merece especial atención, debido a su crecimiento sobre áreas tradicionales de regadío. Con objeto de identificar dichas áreas, los trabajos de campo realizados han mostrado diversas situaciones:

- En primer lugar, una parte importante de dichas áreas se corresponden en realidad con parcelas en un estado de semi-abandono, que las hace asemejarse a cultivos de secano en los procesos de fotointerpretación a través de los cuales se han producido las fuentes básicas (Figura 6-2)

³ El caso de la remolacha o el tabaco son dignos de especial mención, debido a que se trataron de cultivos de una extrema importancia en el desarrollo del sector agrícola en el ámbito de estudio. Así, los cultivos de remolacha experimentaron un tremendo auge a principios del siglo XX con motivo de la pérdida de los territorios de ultramar y la necesidad de incrementar la producción azucarera, generando grandes riquezas en el ámbito de la comarca. A su vez, el cultivo de tabaco, surgido tras el declive del cultivo remolachero, fue un cultivo con precios intervenidos por el estado que garantizaba las ventas y las rentas agrarias, lo que lo convirtió en un cultivo estrella especialmente durante las décadas de los años cuarenta y cincuenta. Actualmente este último cultivo se encuentra en franco declive, con motivo de la eliminación inminente de los precios “garantizados” para este cultivo.



Figura 6-2: Cultivos en estado de semi-abandono catalogados como cultivos de secano. Enero de 2006

- Además, otra buena parte de dichas superficies, se trata de tierras en regadío, pero que sin embargo son cultivadas a lo largo de un período de tiempo muy reducido, que se circunscribe a los meses de primavera e inicio del período estival, permaneciendo en barbecho una buena parte del año.



Figura 6-3: Parcela puesta en cultivo de regadío únicamente durante el período primaveral (izquierda, 14 Marzo 2006; derecha, 16 de Abril 2006)

De acuerdo con esta situación, las áreas de secano en la cartografía de 2004 deben ser interpretadas con cautela, así como las transiciones y cambios de uso que sean detectados como consecuencia de ello. En cualquier caso, a la hora de presentar los resultados del trabajo, se han mantenido estas áreas bajo la denominación de secano, pero conservando las consideraciones comentadas.

6.2.3 OLIVARES

El olivar constituye uno de los cultivos más característicos, si no el que más, de la comunidad autónoma andaluza e igualmente de la provincia de Granada (Menor, 2000) (Figura 6-4). Este cultivo también ha estado presente de manera tradicional en el ámbito de la AUG, principalmente en las zonas alejadas del sistema de acequias y regadío. Sin embargo, la política de subvenciones a este cultivo por parte de la UE ha propiciado la puesta en regadío de algunas zonas, con el consiguiente incremento de la productividad. En este trabajo en cualquier caso ha sido tratado como un mismo uso, por sus similares características ecológicas y paisajísticas.



Figura 6-4: Cultivo de Olivar en las proximidades del núcleo urbano de Cúllar Vega.

Generalmente las mayores extensiones de cultivo de olivar se encuentran en la zona Norte del ámbito de estudio, así como algunas extensiones en la zona Este y Suroeste; siendo en cualquier caso un uso que supondrá un porcentaje de ocupación relativamente minoritario.

6.2.4 FRUTALES EN REGADÍO.

Los cultivos de frutales de la familia *Rosaceae* han constituido uno de los cultivos de aparición relativamente reciente el paisaje agrario de la AUG, (Rodríguez, 1985), si se entiende este espacio como una zona de tradición agrícola casi milenaria (Tarragona, 2003) De acuerdo con Menor (2000), las principales especies de árboles frutales cultivadas en la Vega son el peral, manzano, cerezo, ciruelo y melocotonero, por orden de importancia.

Se trata en cualquier caso de un uso con una superficie relativa reducida, por lo que su importancia desde el punto de vista de la conformación del paisaje agrario, es similar a la del uso olivar. Este hecho quedaba ya reflejado en los trabajos de Ocaña, (1974) en los que se señalaba como un cultivo aún emergente, o bien en los de Menor (2000), en los que se destacan las dificultades del desarrollo de los frutales en la AUG debido a su competencia con otras zonas peninsulares en las que este tipo de cultivo se encuentra fuertemente arraigado.



Figura 6-5: Cultivos de frutales en el sector Sur-Este de la AUG, en las proximidades de los núcleos urbanos de la comisa Sur (Cájar, La Zubia, Ogiñares)

6.2.5 ÁLAMOS O CHOPERAS.

Las plantaciones de álamos o chopos (Figura 6-6), árboles de la familia *salicaceae*, generalmente de una variedad híbrida entre las especies de álamo blanco y negro (*Populus alba* y *Populus nigra*), constituyen un hito importante en la AUG, dadas sus características a la hora de formar paisaje (Figura 6-7). Se trata de un cultivo silvícola que tiene como objetivo el aprovechamiento de la madera de rápido crecimiento de esta especie, de tal forma que en la AUG el turno de aprovechamiento oscila entre 8 y 10 años (Ministerio de Agricultura, 1997). Su importancia es relevante en la AUG, ya que de acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura, este ámbito es uno de los 3 grandes productores de madera de chopo en España.



Figura 6-6: Cultivos de choperas en las proximidades de los núcleos urbanos de Atarfe y Santa Fé.

Su madera tradicionalmente ha sido empleada en la fabricación de tableros contrachapados, para cerillas y palillos, embalajes y, en menor medida, para elementos estructurales del mobiliario no visibles o poco comprometidos mecánicamente (Álvarez y Fernández-Golfín, 2000). Sus buenos rendimientos económicos (Menor, 2000), unidos a sus escasos gastos de cultivo y mantenimiento, convierten a este cultivo en una alternativa muy interesante para los agricultores que no lo son a título principal (ATP) (Ministerio de Agricultura, 1997) y no dependen económicamente del cultivo de los mismos. Sin embargo presentan el problema de necesitar grandes explotaciones superficiales debido al excesivo período necesario para la recogida de beneficios.



Figura 6-7: Paisaje de los cultivos de álamo en la AUG desde la Ribera del río Genil

6.2.6 LOS CULTIVOS DE VID

La vid en el ámbito de la AUG es un cultivo muy minoritario, comercializándose los productos de este cultivo de regadío como uva de mesa (Menor, 2000). Sin embargo existen diversas parcelas dispersas a lo largo del territorio de la AUG, algunas de ellas de tamaños importantes, que han sido detectados en los diversos trabajos de campo realizados. (Figura 6-8)



Figura 6-8: Cultivos de Vid en las proximidades de los núcleos urbanos de la cornisa Sur

6.2.7 ERIALES.

Pese a no tratarse obviamente de ningún tipo de cultivo, estas zonas degradadas producto del abandono de los usos agrícolas existentes (Figura 6-9) comienzan a ocupar cada vez mayores superficies en el área de estudio, como relevarán los análisis de la dinámica en el período 1990-2004 (epígrafe 6.4.) Generalmente, estas áreas existen como zonas marginales adyacentes a las infraestructuras viarias o proximidades de núcleos urbanos, como áreas a la espera de su transformación en zonas residenciales, industriales, etc, aunque igualmente pueden encontrarse en otras zonas de una componente menos periurbana.



Figura 6-9: Erial en el entorno del río Genil, al Oeste de la ciudad de Granada

6.3 LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 1990 Y 2004

Descritos los principales usos y ocupaciones del suelo presentes en el ámbito de estudio, a continuación se presenta la cartografía de ocupación de dichos usos agrícolas, que constituye un ejercicio de multiescala necesario para comprender el cambio en el paisaje agrario como unidad territorial, a la vez que muestra las modificaciones en estructuras territoriales como el parcelario agrícola, con un grado elevado de detalle.

Esta cartografía se ha elaborado para las fechas de 1990 y 2004, que se corresponden con la existencia de fuentes cartográficas básicas con información relativa a los usos del suelo, la cual únicamente ha podido ser recopilada en las fechas señaladas. Estas fuentes están constituidas por la cartografía a escala 1:10000 editada periódicamente por el ICA (1990) así como por la cartografía 1:10000 de la provincia de Granada en formato CAD producida por la Diputación Provincial de Granada (2004)

Sobre las fuentes cartográficas básicas ha sido necesario llevar a cabo un proceso de vectorización en pantalla de la información contenidas en ellas, con el objeto de obtener las capas temáticas de ocupación del suelo en cada fecha. El resultado de los procesos de vectorización ha sido la cartografía completa del parcelario agrícola aparente para ambos momentos temporales, que constituye otra aportación cartográfica de esta tesis. Este proceso ha requerido de un nivel de detalle elevado, lo que ha hecho necesario un proceso de generación de la cartografía que en ningún momento ha tenido menor detalle que la escala 1:3000.



Figura 6-10: Proceso de digitalización para la generación de la cartografía temática de ocupación de suelo 1:10000

6.3.1 LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 1990.

La cartografía de ocupación y parcelación del paisaje agrario en el año 1990, queda recogida en la Figura 6-11, en la que pueden apreciarse aquellas áreas en el extremo Suroeste en las que no ha sido posible obtener datos de las fuentes empleadas.

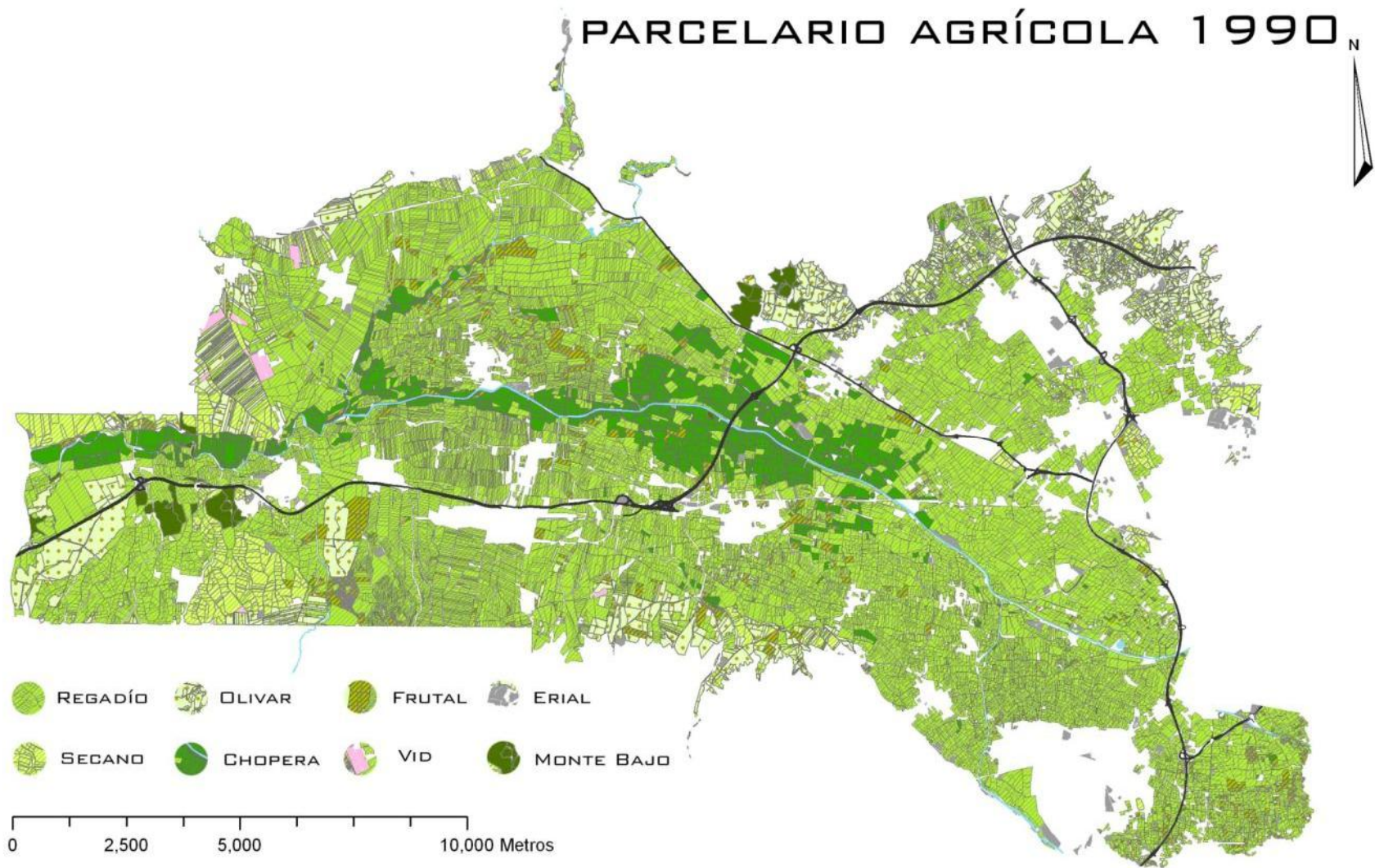


Figura 6-11: Cartografía de los usos agrícolas en la AUG en 1990. Parcelario Aparente.

En lo que a la distribución de los usos se refiere, en primer lugar, destaca como el uso Regadío es dominante, constituyendo con claridad la matriz paisajística de paisaje agrario de la AUG. Por su parte el uso chopera aparece como el segundo en importancia, constituyendo un área claramente diferenciada de la matriz de regadíos, en el entorno del río Genil, especialmente a partir de las proximidades de los núcleos urbanos de Atarfe y Santa Fé, para continuar ocupando los bordes del río hasta la zona más occidental del ámbito de estudio, de tal forma que se estructuran como un auténtico corredor articulado por el curso del río Genil

El uso olivar es el tercero en lo que a importancia relativa se refiere, ocupando especialmente aquellas zonas de la cornisa Norte, en los entornos de los núcleos urbanos de Atarfe, Albolote, y Peligros. Igualmente también se distribuyen, aunque de forma menos extensiva, en la parte Sur del sector central del ámbito de la AUG, en competencia con otros usos.

En lo que respecta a los frutales, estos aparecen como un uso residual en la cartografía de 1990, con algunas superficies en el sector de Vega al sur de la ciudad de Granada, en el sector sur de la zona central, y en el entorno del núcleo urbano de Fuente Vaqueros, en cualquier caso, con una superficie muy limitada.

Finalmente, los usos de vid se observa que son prácticamente anecdóticos, así como los eriales, que aparecen en escasa cantidad en esta fecha.

Esta descripción de la ocupación de los usos agrícolas en el año 90 puede resumirse a través de las cifras de ocupación superficial y relativa de los distintos usos, a través de la Tabla 6-1

Uso	Superficie Ha
Regadío	13639
Olivar	1935
Chopera	1796
Secano	1131
Frutales	732
Vid	58
Erial	371

Tabla 6-1: Superficies absolutas ocupadas por los diferentes usos del suelo en la AUG.

6.3.2 LA CARTOGRAFÍA DE LAS ZONAS AGRÍCOLAS EN 2004

Por su parte la situación para el año 2004 ha sido igualmente representada, como queda patente en la Figura 6-12, en la que se puede observar que en ella sí queda recogida la totalidad del ámbito de estudio. Especial atención merece la presencia de los usos catalogados como secano, de acuerdo con lo expuesto en el epígrafe 6.2.2

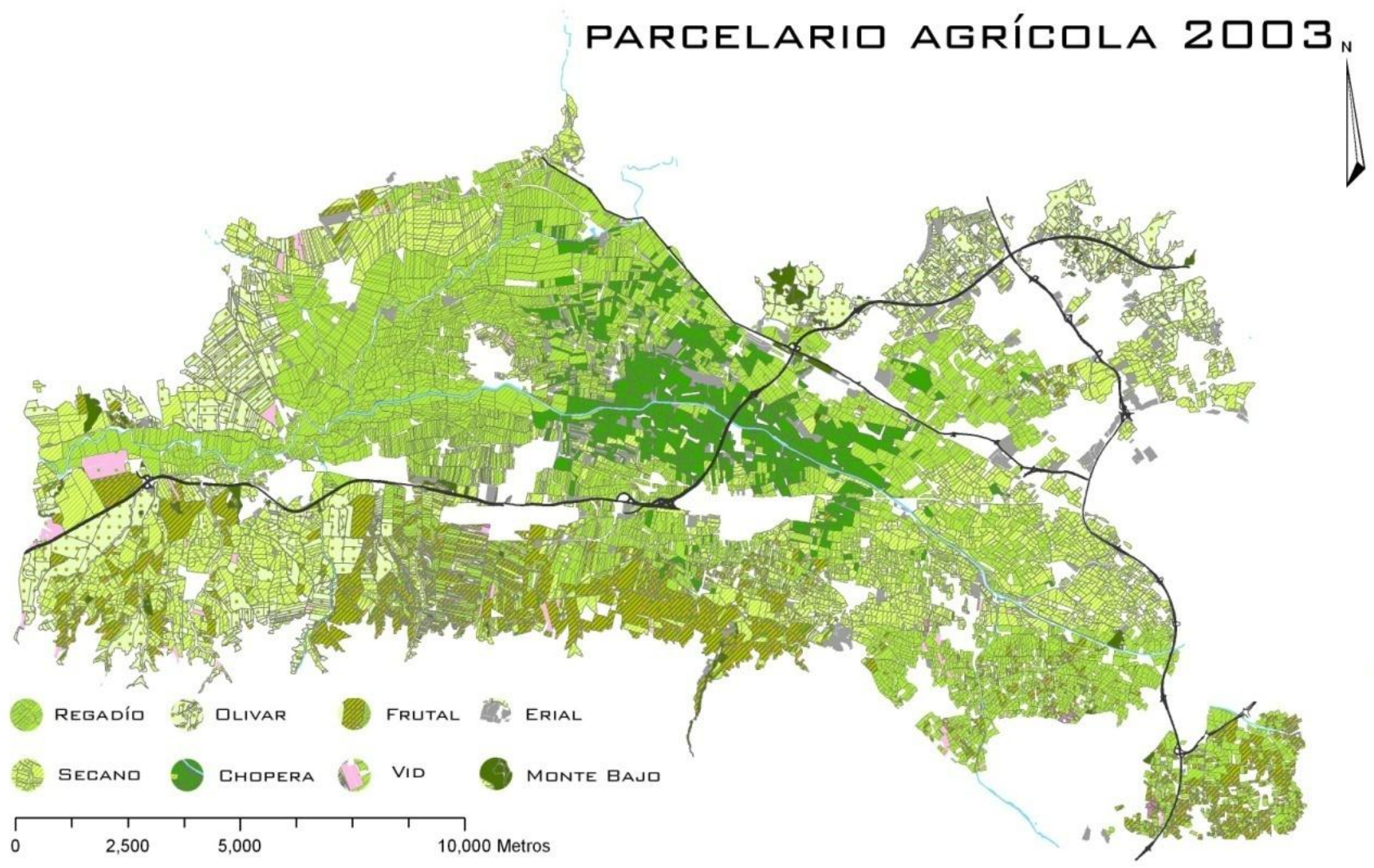


Figura 6-12: Cartografía de los usos agrícolas en la AUG en 2004. Parcelario Aparente

Se puede observar como el regadío sigue siendo el principal uso en lo que a superficie se refiere, manteniéndose como la matriz del paisaje. Sin embargo los cambios acontecidos son importantes con respecto a la situación de 1990 y merecen ser comentados brevemente.

El uso seco, con las características anteriormente descritas, se convierte en el segundo uso en lo que a superficie ocupada se refiere. Especialmente abundante es la ocupación de este uso en el sector inmediatamente occidental de la ciudad de Granada, la zona con un carácter más “urbano” de todo el ámbito agrícola. Este hecho se encuentra en relación con la situación de cultivos en semi-abandono incluidos dentro de esta categoría, que tenderían a concentrarse en aquellas zonas con mayores expectativas de desarrollo urbano. Igualmente es importante su extensión en la conurbación en ciernes existente en la zona Norte de la ciudad de Granada, entre los núcleos urbanos de Maracena, Pulianas y Peligros, una zona igualmente de carácter más urbano.

En lo que respecta a los demás usos, en el caso de los cultivos de olivar la situación es muy parecida a la existente en el año 1990, con una localización periférica, especialmente en la zona Norte, así como en el sector más occidental.

Por su parte los cultivos de frutales experimentan un importante crecimiento, afianzándose en el sector situado al Sur de la ciudad de Granada, así como en la zona igualmente Sur del sector central del ámbito. Algunas zonas más fragmentadas se pueden encontrar al Norte de la conurbación formada por los núcleos urbanos de Armilla y Churriana, aunque con una menor importancia.

El uso chopera se mantiene como un uso con una localización muy concreta y específica en el entorno de la ribera del río Genil, aunque sin embargo parece localizarse aún más en el sector central, con unas superficies similares en cualquier caso a las mostradas para el año 1990.

Por último, en lo que respecta a aquellos usos y ocupaciones del suelo de menor importancia, se puede señalar que los cultivos de vid siguen representado un pequeño porcentaje de la ocupación del suelo, aunque mostrando un relativo incremento con respecto a la ocupación mostrada para 1990. Por su parte las áreas de erial se incrementan de manera importante en todo el ámbito, mostrando una ubicación muy dispersa, especialmente en los entornos de las zonas urbanas o de las vías de comunicación.

De forma resumida los valores de ocupación en el año 2004 para los diferentes usos del suelo señalados quedan representados en la Tabla 6-2.

Uso	Superficie Ha
Erial	798
Frutales	2122
Choperas	1507
Olivar	2150
Regadío	7023
Secano	4497
Vid	180

Tabla 6-2: Superficie media y total de las parcelas de cada uno de los distintos usos en la vega de Granada

6.4 EL CAMBIO EN LOS USOS AGRÍCOLAS.

Generadas las cartografías de uso y ocupación del suelo para las fechas de 1990 y 2004 comentadas en los epígrafes anteriores, a continuación se aborda el estudio y cuantificación detallada de los principales cambios y transiciones entre usos que existen en el período de análisis. Para ello se recurrirá al empleo de análisis a través de matrices de comparación por pares que permitirán el análisis detallado para cada uso, así como una interpretación global del cambio.

6.4.1 MATRICES DE TRANSICION.

El primer paso abordado para realizar el estudio de los cambios y transiciones entre usos lo constituye la comparación de ambas cartografías generadas a través de una matriz de coincidencia, la cuál es empleada para valorar píxel a píxel la coincidencia de las diferentes categorías de dos imágenes raster (Clark Labs, 2003). Este análisis ha sido realizado mediante el software GIS Idrisi Kilimanjaro, siendo necesario abordar un proceso de rasterizado y de exportación de las cartografías de ocupación de los usos del suelo, generadas con ArcGIS.

Estas matrices de coincidencia se han empleado tradicionalmente en el análisis de cambios de los usos del suelo (Chuvienco, 2002; Pontius y Schneider, 2001), permitiendo la valoración de las transiciones de usos. También son ampliamente empleadas en la valoración de simulaciones generadas por modelos de cambios en áreas urbanas (White *et al*, 1997; Barredo *et al*, 2003) o como parte del propio proceso de modelización de dinámicas a través de procesos markovianos (Paegelow, Camacho y Menor, 2003)

La matriz de coincidencia obtenida se muestra en la Tabla 6-2. En ella se observa que se ha incluido la categoría FONDO, que incluye aquellas áreas exteriores al ámbito de estudio. Sin embargo para el año 1990 esta categoría incluye aquellas áreas de la zona Suroeste del ámbito no incluidas. Este hecho motivará la aparición de un conjunto de transiciones que no se corresponden con la realidad desde la categoría Fondo en 1990 a otras categorías de ocupación para el año 2004, y que de acuerdo con estas circunstancias, no deben ser contabilizadas como transformaciones de uso.

		1990										
2004		Fondo	Regadío	Olivar	Chopera	Secano	Frutales	Vid	Otros Usos	Erial	Urbano ⁴	TOTALES
	Fondo	477348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	477348
	Regadio	70	139793	214	15677	1019	5570	0	23	392	11898	174656
	Olivar	4135	8481	28105	23	6916	1038	905	613	373	3060	53649
	Chopera	0	13867	8	19823	0	1701	0	38	112	2018	37567
	Secano	3892	83036	1621	1548	11908	1682	234	44	748	7389	112102
	Frutales	3003	28499	8821	1816	1323	5012	90	45	144	4175	52928
	Vid	190	2717	144	540	461	91	88	25	11	251	4518
	Otros Usos	245	1001	500	204	311	13	0	776	124	964	4138
	Erial	44	11134	1141	1604	1475	370	2	60	1127	3195	20152
	Urbano	6313	49651	7648	3467	4804	3038	118	1616	6426	151211	234292
TOTALES	495240	338179	48202	44702	28217	18515	1437	3240	9457	184161	1171350	

Figura 6-13: Matriz de coincidencia para el análisis de los cambios en los usos del suelo (en número de píxeles de 20x20m)

⁴ Bajo la denominación urbano se han incorporado las zonas urbanas, las infraestructuras y la red de caminos. El cambio en las estructuras de las parcelas, y en la red de caminos pueden mostrar pérdidas del uso urbano frente a otros usos, estando únicamente motivado por las diferencias en el trazado de la red de caminos y de áreas sin cultivaren 1990 y 2004.

6.4.2 LA ESTABILIDAD/CAMBIO DE LOS USOS DEL SUELO.

A partir de la matriz de coincidencia se pueden obtener en primer lugar los valores de estabilidad global, entendidos como los valores en porcentaje de los píxeles que han permanecido estables a lo largo del período contemplado. En este caso los valores de estabilidad se corresponden con el 53 % de la superficie del territorio, aunque se deben tener en cuenta que dentro del 47 % de cambios se incluyen aquellas transiciones generadas como consecuencia de la ausencia de datos en un sector de la cartografía de 1990.

En cualquier caso se trata de valores que pueden considerarse bajos, puesto que se sitúan por debajo del 60 %, en un período de tiempo de apenas 15 años. En cualquier caso a este respecto es necesario añadir, que debe ser tomado con precaución este dato, debido al comportamiento de la categoría secano, que ha podido incrementar los valores de cambio de una forma artificial, especialmente en aquellas zonas de regadío muy localizado temporalmente, que se incluían dentro de dicha categoría (epígrafe 6.2.2).

De una forma más detallada, en la Figura 6-14 se muestran los valores de estabilidad para cada uno de los usos considerados. Así, se puede percibir como los valores son generalmente bajos, por debajo del 40 %, salvo en el caso de los cultivos de olivar, en cuyo caso los valores de estabilidad se acercan al 60 %.

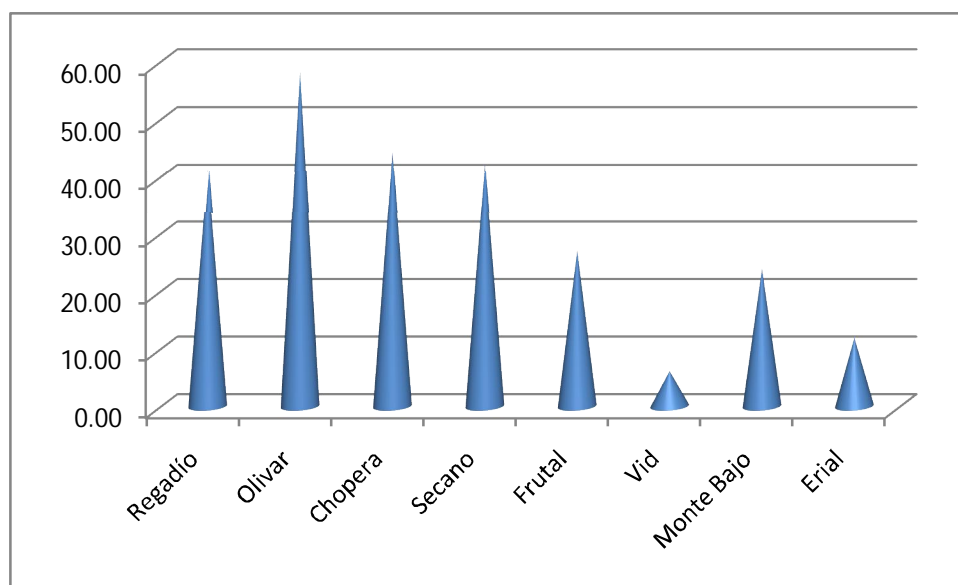


Figura 6-14: Estabilidad de los principales usos del suelo que forman parte del paisaje agrícola

Especialmente destacables son los bajos valores de estabilidad mostrados por el uso regadío, matriz del paisaje agrario, que se sitúan en el entorno del 40 %. En este uso es donde presentan una especial repercusión las zonas de regadío temporal incluidas en la categoría de secano. Algunas de las transiciones que se produzcan entre estos usos podrían constituir cambios que realmente no tienen lugar, por lo que los valores de estabilidad deberían ser más altos.

Las coberturas minoritarias, como es el caso del erial y los cultivos de vid, presentan valores bajos de estabilidad. En este último caso, pueden ser achacados a la reducida superficie de ocupación de este uso. Por su parte la cobertura erial requiere de una interpretación diferente, puesto que los bajos valores de estabilidad se corresponden con un incremento superior al 100 % de su superficie, que se

sitúa por encima de las 700 ha. La baja estabilidad se achaca así pues al continuo proceso de transformación de este uso, generalmente desde usos agrícolas y hacia usos urbanos.

De forma espacial estos valores de estabilidad pueden ser igualmente valorados. La Figura 6-15 muestra el mapa con los valores de estabilidad y de cambio para el área de estudio.

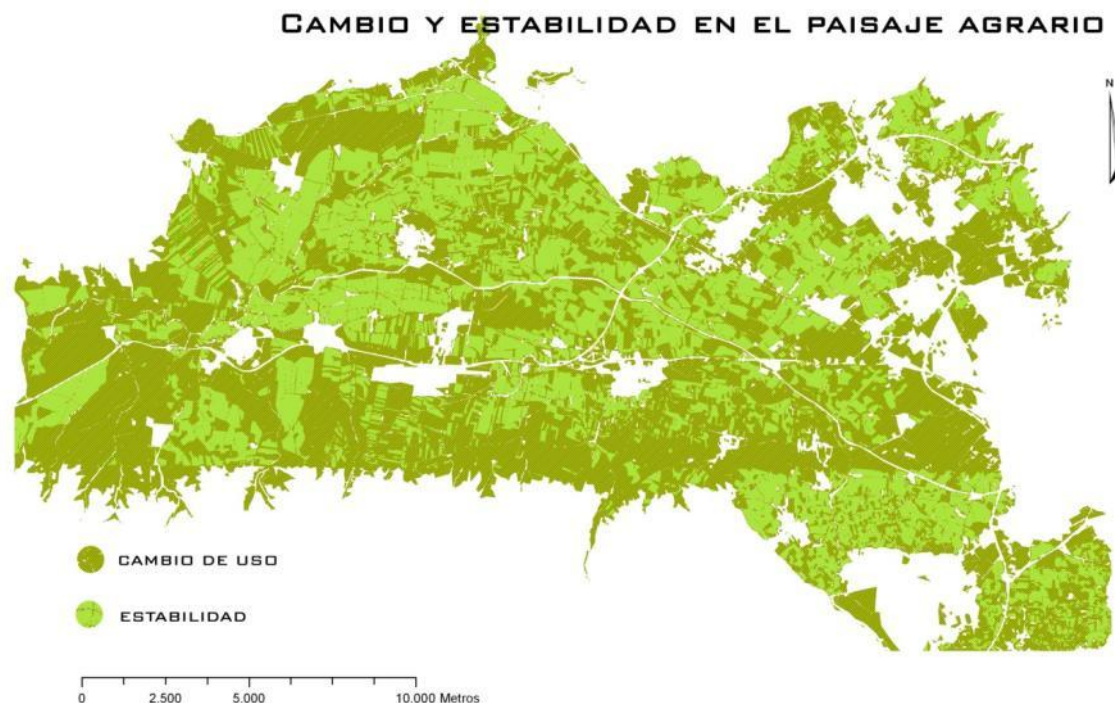


Figura 6-15: Estabilidad y cambio de los usos agrícolas en la AUG.

En dicha figura se puede observar el patrón de cambio y estabilidad mostrado para el ámbito de la AUG en los casi 15 años del período comparado. En primer lugar, la mayor parte de los cambios se acumula en la zona sur del ámbito de trabajo, con una importante transformación de los usos de la cornisa que delimita las zonas clásicas de Vega. Por su parte una zona igualmente dinámica, se corresponde con la zona occidental y septentrional de la ciudad de Granada, en el entorno de los mayores crecimientos metropolitanos de la ocupación urbana, y donde los procesos de aglomeración son más intensos. Éstas serán zonas en las que los cultivos de regadío serán principalmente sustituidos por las áreas catalogadas como secano, y que incluirán los cultivos semi-abandonados y aquellos con un período muy escaso de puesta en regadío. También concentrarán buena parte de los eriales, como resultado del abandono de áreas agrícolas ante las expectativas de ocupación urbana.

6.4.3 LAS TRANSICIONES DE USOS.

Analizados hasta ahora los valores de cambio y de estabilidad a nivel global para todo el ámbito, a continuación se indaga tanto en la valoración cartográfica de la estabilidad y el cambio de cada uso, así como en la descripción gráfica de las diferentes transiciones existentes entre cada uno de ellos, es decir, en la cuantificación de las ganancias o pérdidas que cada uso presenta con respecto a los demás.

Para ello, e igualmente a partir de los resultados mostrados en la matriz de coincidencia, se han generados las cartografías de ganancias, pérdidas y estabilidad para cada uno de los usos principales, y establecido los valores de superficie de ganancia y pérdida neta que cada uso experimenta con respecto al resto. Los usos analizados han sido: Regadío, Olivar, Frutal, Chopera, Secano y Erial. El uso vid no ha

sido incluido por su escasa representación en el ámbito de estudio a la hora de valorar las transformaciones en las áreas agrícolas.

A continuación se presentan los análisis individualizados las dinámicas de cambio y estabilidad de los usos citados:

6.4.3.1 EL USO REGADÍO

El primero de los usos analizados ha sido el uso regadío (Figura 6-16), el cuál había sido identificado como uno de los usos con mayor tasa de cambio. Se puede observar como este cambio se concentra principalmente en las zonas de la cornisa Sur del ámbito de estudio así como en las cercanías de la ciudad de Granada, en las áreas de mayor crecimiento de la ocupación de suelo; traduciéndose todos estos cambios en pérdidas de este uso.

Las ganancias por su parte son muy escasas, localizadas en el entorno del río Genil en el sector central-occidental del ámbito de estudio, mientras que la estabilidad se concentra principalmente en los sectores de Vega occidentales más alejados de las zonas urbanas más dinámicas, y donde el regadío sigue ocupando la posición de elemento dominante del paisaje agrario.

CAMBIOS USO REGADÍO

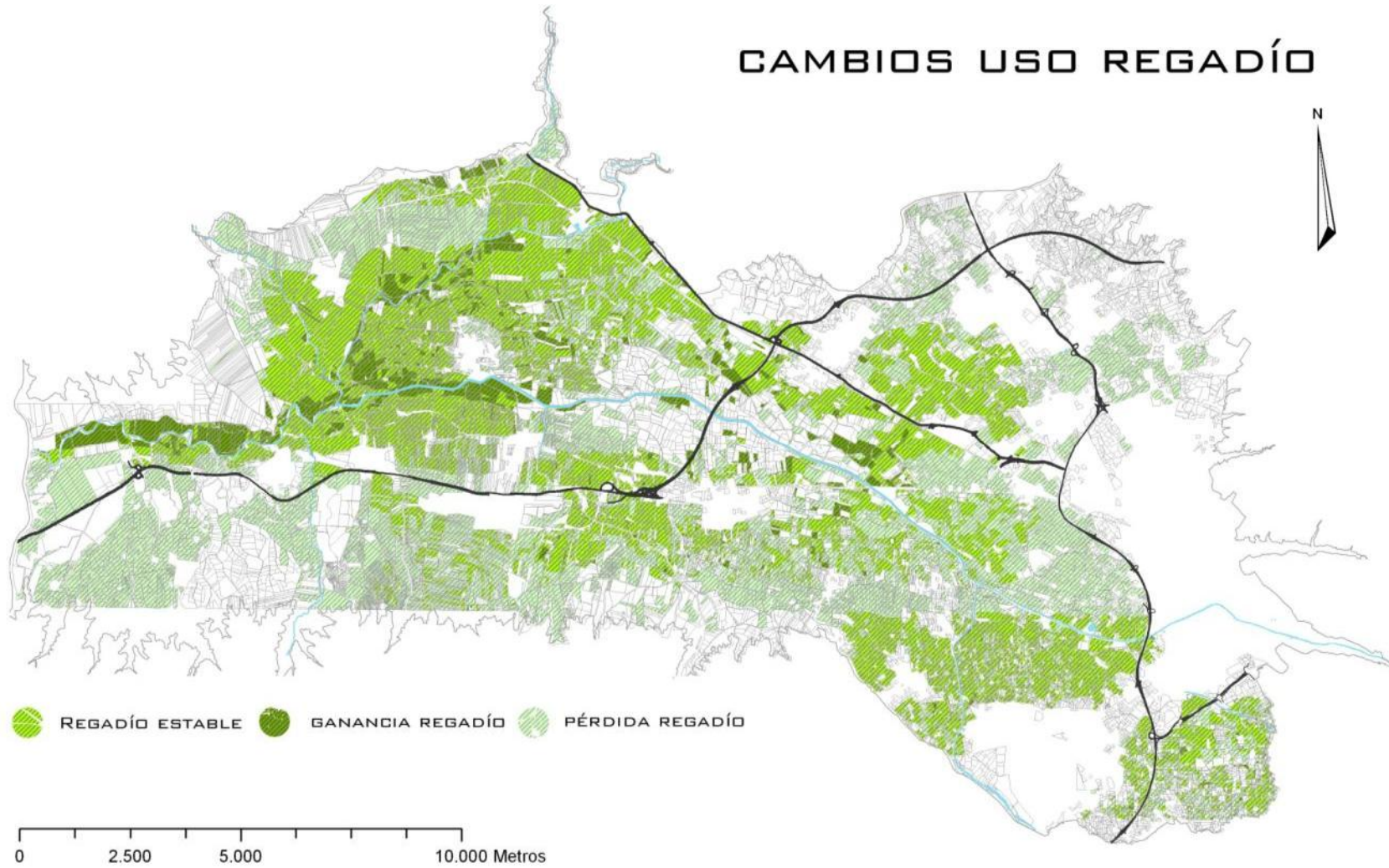


Figura 6-16: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso regadío.

En lo que se refiere a las superficies (en Ha) de ganancia y pérdida neta del regadío, así como los usos a los cuáles dichas transiciones han ido destinadas, la Tabla 6-3 recoge los resultados. Se hace patente como el regadío sufre una pérdida neta de superficie de más de 6000 Ha, la cual principalmente se distribuye hacia el uso seco, con más de 3000 ha, al frutal, con casi 1000 y a las zonas urbanas (zonas urbanas, caminos, etc) con una superficie de poco más de 1500 ha.

Por su parte, hacia el resto de usos experimenta igualmente una pérdida neta de superficie, excepto para el uso chopera, hacia el que muestra una ganancia algo superior a las 70 ha. Hacia el resto de usos, aunque los valores de superficie no son muy elevados, muestra siempre valores negativos

CAMBIO REGADÍO									
USO	Olivar	Chopera	Secano	Frutal	Vid	Otros Usos	Erial	Zonas Urbanas	TOTAL
PÉRDIDAS	339,24	554,68	3321,44	1139,96	108,68	40,04	445,36	1986,04	7935,44
GANANCIAS	8,56	627,08	40,76	222,8	0	0,92	15,68	475,92	1394,52
TOTAL	-330,68	72,4	-3280,68	-917,16	-108,68	-39,12	-429,68	-1510,12	-6543,12

Tabla 6-3: Ganancias y pérdidas netas del uso regadío con cada uno de los demás usos.

De forma gráfica estos valores de ganancias y pérdidas netas por uso son recogidos igualmente en la Figura 6-17.

Transiciones Regadío

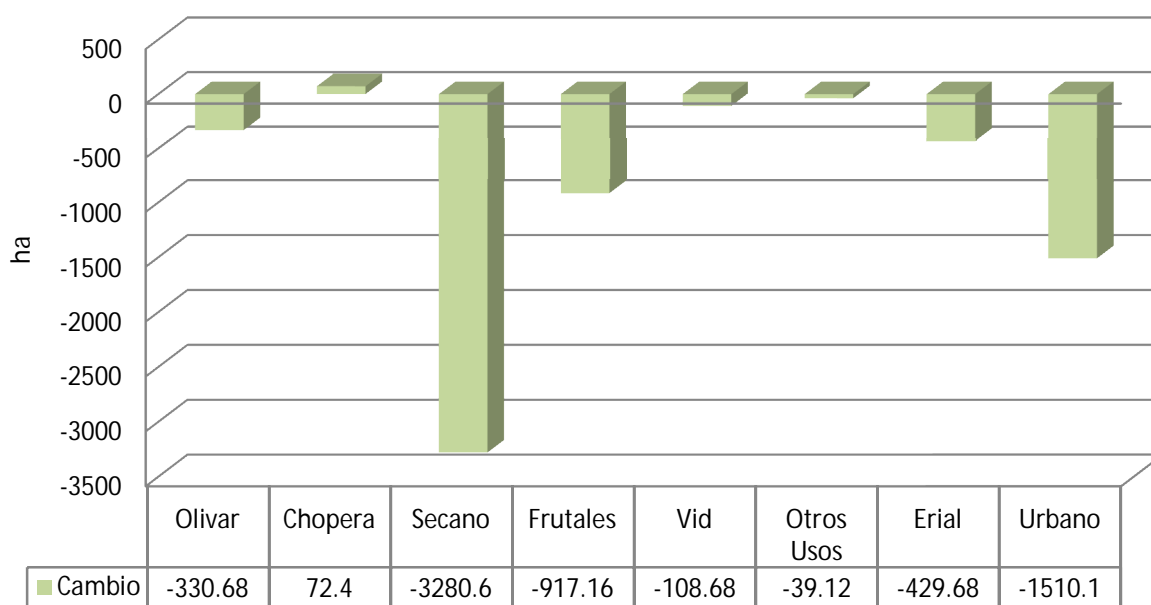


Figura 6-17: Ganancias y pérdidas netas del uso regadío con respecto al resto de usos (en Ha)

Se desprende de estos resultados que una parte de las transiciones resueltas como pérdidas netas pueden ser fácilmente comprensibles en la lógica de la transformación de los usos de regadío tradicional menos productivos en otros usos más productivos como el frutal o el olivar, con unas rentas más altas. Sin embargo, las mayores pérdidas se producen hacia el uso seco, que podrían ser interpretadas como parte de un proceso de abandono previo a su transformación en zonas de erial. Igualmente también son importantes las pérdidas hacia este último uso y hacia el uso urbano. Las consecuencias ambientales y para la función del paisaje de este proceso de reducción sistemática del uso que actúa

como matriz del mismo son especialmente negativas, suponiendo una disminución de la conectividad de los procesos ecológicos dominantes en el paisaje agrario, a la vez que implica una destrucción de los elementos más identitarios del mismo

6.4.3.2 EL USO OLIVAR

El uso olivar es el uso con mayor porcentaje de estabilidad a lo largo del período de análisis, con valores cercanos al 60 %, con un leve incremento de la superficie ocupada.

En este sentido, los principales incrementos se localizan en el sector más occidental del ámbito de estudio, en ambas márgenes del río Genil, en donde se produce una importante ganancia superficial, así como en la zona Noreste, en la cual los crecimientos son también notables. Es necesario señalar no obstante que parte de las ganancias mostradas en el sector occidental del ámbito de estudio se encuentra en el área de la cual no se disponía de información en el año 1990, por lo que es posible que dichas ganancias no fueran tales, sino que se tratase de zonas de cultivos de olivar ya existentes⁵.

La estabilidad por su parte se puede localizar principalmente en la zona Noreste igualmente, donde la mayor parte de las zonas de olivar existentes en 1990 se mantienen. Las pérdidas por su parte presentan una localización muy concreta en la zona Sur del sector central del ámbito de estudio, al Sur del núcleo urbano de Santa Fé, en donde la mayor parte de las superficies de olivar se pierden. En la Figura 6-18 se muestra de forma gráfica los principales cambios

⁵ Este hecho sólo puede ocurrir en la representación cartográfica de los cambios, no en la valoración cuantitativa de los mismos que se realizará a continuación, puesto que en ella no se han incluido las transiciones con las áreas sin datos.

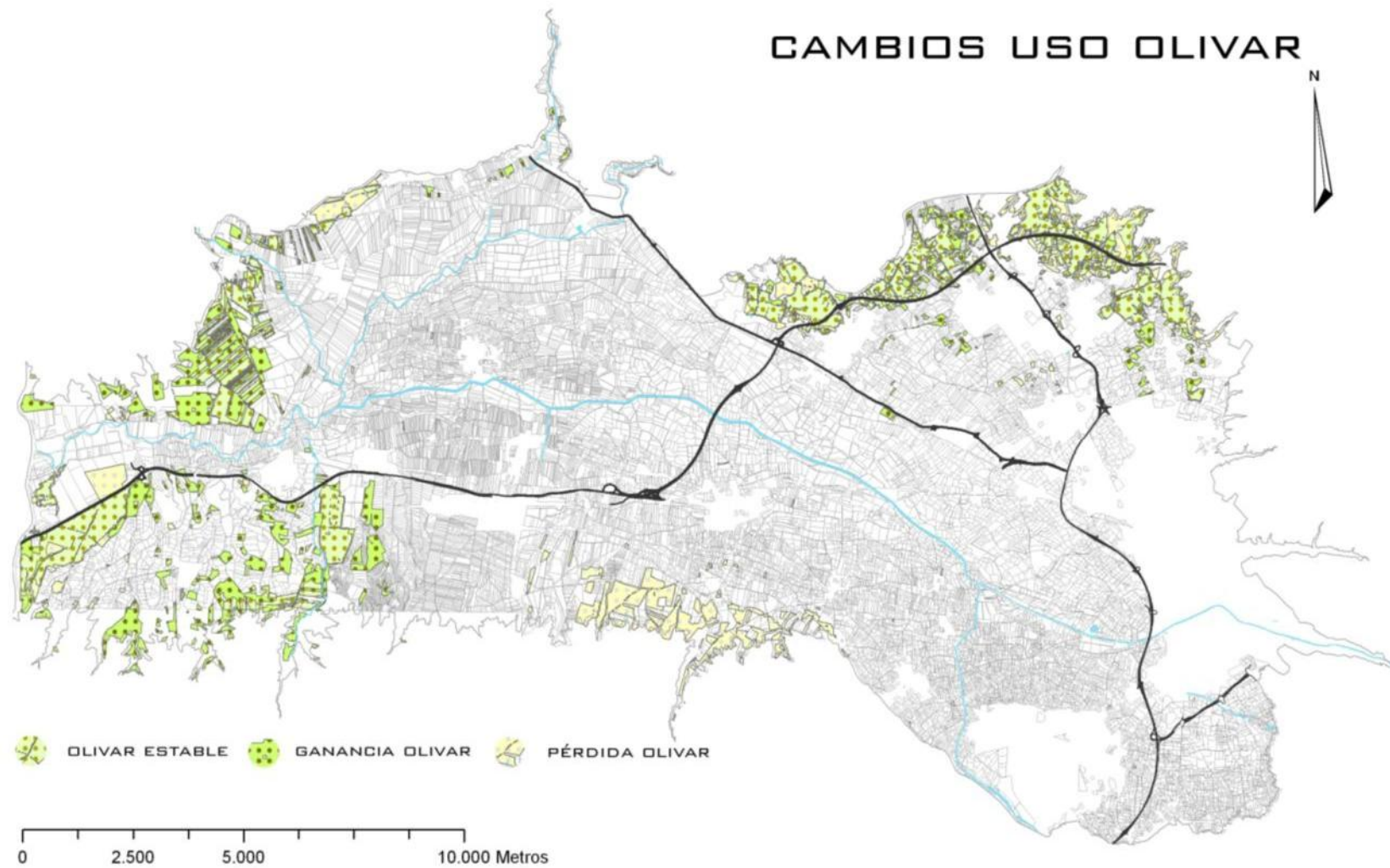


Figura 6-18: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso olivar

En lo que respecta a la valoración cuantitativa de las transiciones, éstas quedan recogidas en la Tabla 6-4, mostrando incremento neto de algo más de 50 ha, así como unos valores elevados de estabilidad. Las principales ganancias de este uso, de parte de las zonas de regadío y de áreas de secano, se ven prácticamente compensadas con las pérdidas mostradas hacia los cultivos de frutal y hacia las zonas urbanas.

CAMBIO OLIVAR									
	Regadío	Chopera	Secano	Frutal	Vid	Otros Usos	Erial	Zonas Urbanas	TOTAL
PÉRDIDAS	8,56	0,32	64,84	352,84	5,76	20	45,64	305,92	803,88
GANANCIAS	339,24	0,92	276,64	41,52	36,2	24,52	14,92	122,4	1021,76
TOTAL	330,68	0,6	211,8	-311,32	30,44	4,52	-30,72	-183,52	52,48

Tabla 6-4: Ganancias y pérdidas netas del uso olivar con cada uno de los demás usos

De forma gráfica, la Figura 6-19 muestra estos resultados, observándose como las ganancias se acumulan principalmente como consecuencia de cesiones en el uso regadío y secano, mientras que es el uso frutal el que recibe la mayor parte de las pérdidas. Igualmente las transiciones hacia zonas urbanas, especialmente en el sector localizado al norte de la ciudad de Granada y los núcleos urbanos allí existentes, suponen una importante pérdida para este uso.

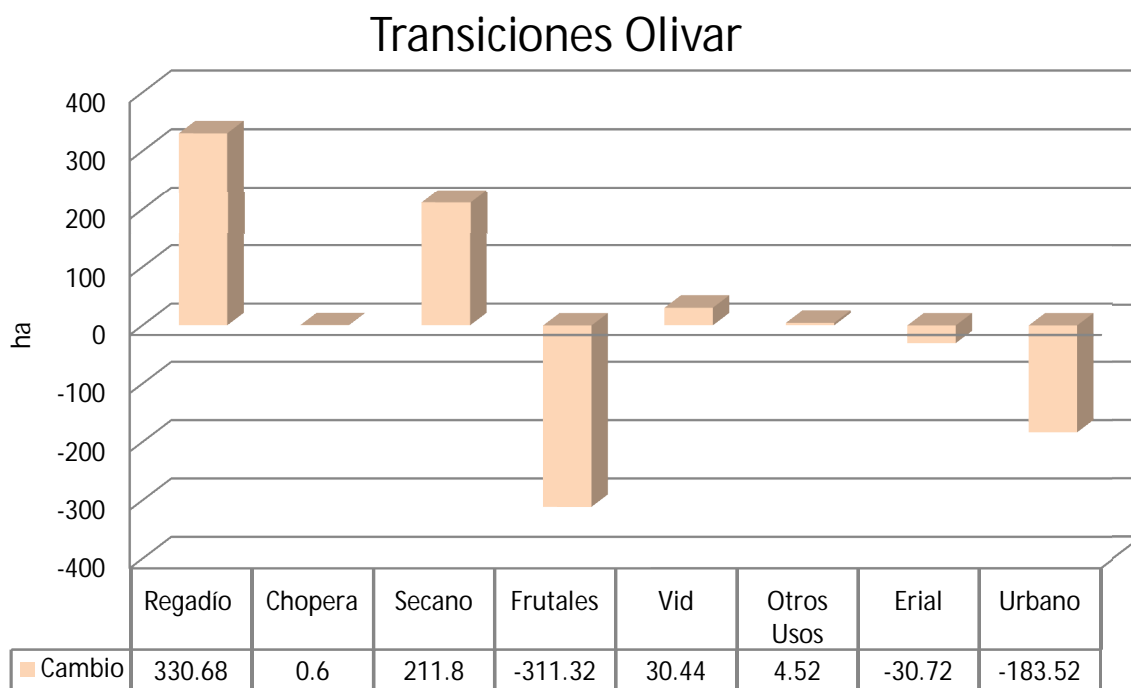


Figura 6-19: Ganancias y pérdidas netas del uso olivar con respecto al resto de usos (en Ha)

6.4.3.3 EL USO CHOPERA

El uso chopera, pese a presentar una estabilidad de en torno al 40 %, es tras el uso olivar el uso que menor porcentaje de cambio presenta con respecto a la situación existente en 1990. Sin embargo, al contrario que para el olivar, la mayor parte de los cambios que experimenta el uso chopera suponen una disminución de su superficie ocupada, muy localizada en las márgenes del río Genil, en el sector central del ámbito de estudio.

En este sentido, los principales cambios se registran en las márgenes del río Genil, más allá del núcleo central donde predomina este uso, en la zona más occidental del ámbito de estudio. Por su parte dicho núcleo central aparece prácticamente estable, con algunos crecimientos al Noroeste, donde aparecen nuevas parcelas de este uso, aunque con un carácter más disperso. La ubicación espacial de estos cambios descritos puede ser observada de forma detallada en la Figura 6-20

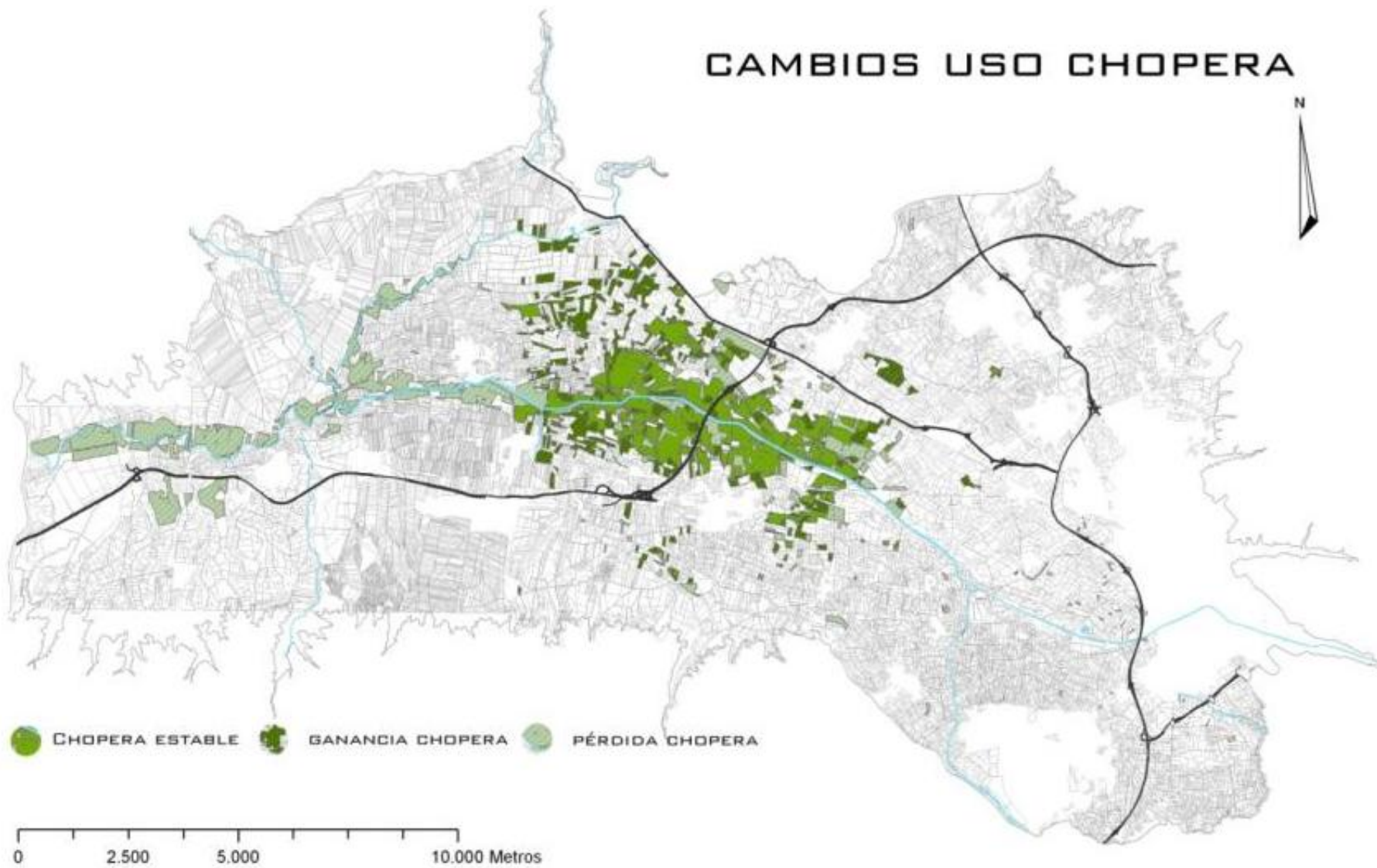


Figura 6-20: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso chopera

Por su parte, el análisis detallado de las transiciones se encuentra representado en la Tabla 6-5. En ella se hace patente la pérdida neta de superficie cultivada para este uso, que asciende a cerca de 300 ha, y que supone una buena parte de la superficie ocupada en 1990 por este uso.

Especialmente relevantes son las pérdidas hacia el uso regadío, correspondientes con el sector más occidental del río Genil, que ascienden a más de 70 ha, aunque para otros usos como el secano (y sus características de semi-abandono), los eriales⁶, o las zonas urbanas, también las pérdidas oscilan en esos mismo valores.

CAMBIO CHOPERA									
	Regadío	Olivar	Secano	Frutales	Vid	Otros Usos	Erial	Zonas Urbanas	TOTAL
PÉRDIDAS	627,08	0,92	61,92	72,64	21,6	8,16	64,16	138,68	995,16
GANANCIAS	554,68	0,32	0	68,04	0	1,52	4,48	80,72	709,76
TOTAL	-72,4	-0,6	-61,92	-4,6	-21,6	-6,64	-59,68	-57,96	-285,4

Tabla 6-5: Ganancias y pérdidas netas del uso chopera con cada uno de los demás usos

Así pues, se puede afirmar que durante el período de análisis, el uso chopera experimenta un proceso de disminución de su superficie cultivada, con cesiones principalmente a los usos regadío, erial, secano (semi-abandono) y zonas urbanas (Figura 6-21), de tal forma que se encuentra más aislado, como consecuencia de la reducción de su ocupación a la zona central del ámbito. Este hecho puede tener consecuencias negativas para la conectividad de este uso, y por ello para las especies que en él habitan.

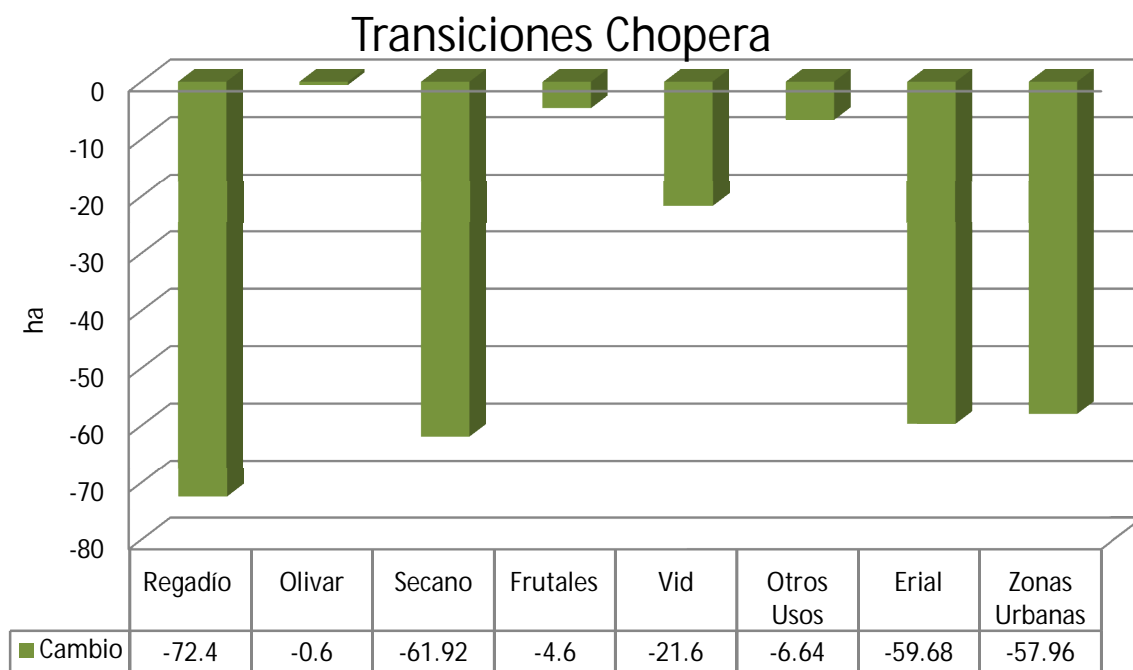


Figura 6-21: Ganancias y pérdidas netas del uso chopera con respecto al resto de usos (en Ha)

⁶ La transición chopera erial y viceversa es una transición natural, debido al turno de aprovechamiento de las plantaciones, que cada aproximadamente 8-10 años supone su tala, y el barbecho de la parcela hasta el comienzo del nuevo turno de plantación.

6.4.3.4 EL USO FRUTAL

El uso frutal por su parte es uno de los que experimenta un mayor incremento superficial, con un incremento superior al 100 %. Así, se trata de uno de los usos más dinámicos, con unos valores de estabilidad muy bajos en comparación con los demás usos, y que se sitúan en torno al 20 %.

Los valores de cambio se justifican principalmente a través de los grandes crecimientos en la ocupación que experimenta este uso especialmente en las áreas cercanas a la cornisa sur del ámbito de la AUG, donde se convierte en el cultivo dominante. También son importantes los crecimientos en el entorno de los núcleos urbanos de Armilla y Churriana, donde surgen a través de múltiples parcelas con un carácter más disperso, e igualmente en el sector de Vega localizado inmediatamente al sur de la ciudad de Granada. Esta área es una de las que mantiene algunas de las zonas de frutales existentes en el año 1990, pudiendo observarse algunas zonas de estabilidad en su entorno.

Las pérdidas por su parte, se localizan en la margen derecha del río Genil, en el entorno del núcleo urbano de Fuente Vaqueros, (Figura 6-22).

CAMBIOS USO FRUTAL

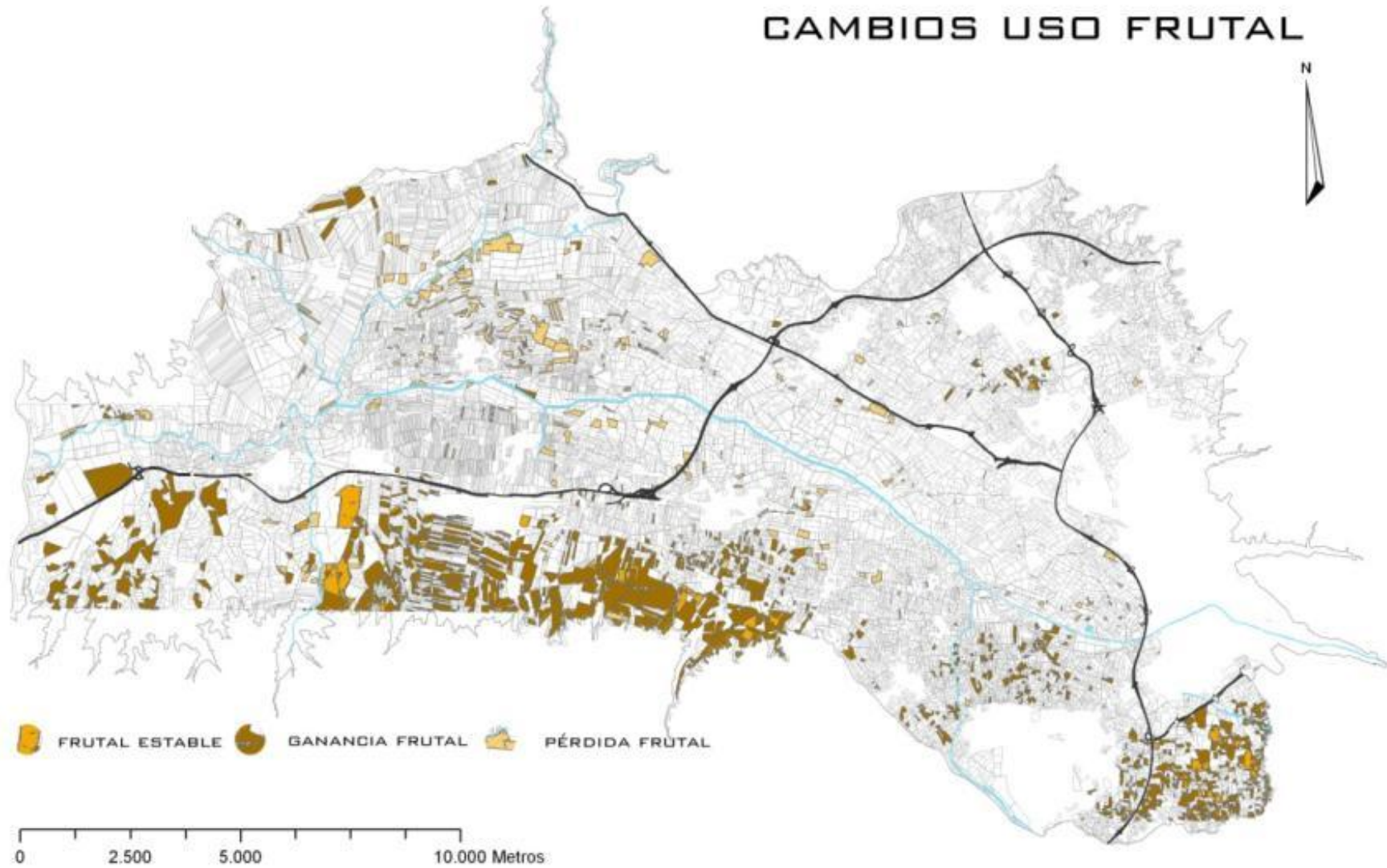


Figura 6-22: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso frutal

En lo que respecta a las transiciones de usos, se puede observar en la Tabla 6-6 cómo las mayores ganancias del uso frutal se generan a partir del uso regadío, que pierde un total superior a las 900 ha con respecto a este uso. Por su parte el uso olivar también registra una pérdida importante hacia este uso, unas 300 ha, que se corresponden con los crecimientos del uso frutal en la cornisa sur del sector central del ámbito de estudio.

Por su parte la mayor parte de las transiciones restantes no suponen un cambio especialmente relevante. En la Figura 6-23 se refleja la situación descrita

CAMBIO FRUTAL									
	Regadío	Olivar	Chopera	Secano	Vid	Otros Usos	Erial	Zonas Urbanas	TOTAL
PÉRDIDAS	222,8	41,52	68,04	67,28	3,64	0,52	14,8	121,52	540,12
GANANCIAS	1139,96	352,84	72,64	52,92	3,6	1,8	5,76	167	1796,52
TOTAL	917,16	311,32	4,6	-14,36	-0,04	1,28	-9,04	45,48	1256,4

Tabla 6-6: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con cada uno de los demás usos

A modo de resumen, se puede afirmar que el uso frutal es el segundo que más incrementa su superficie ocupada, lo que lo sitúa como uno de los usos más dinámicos, con importantes crecimientos como consecuencia de pérdidas en las categorías regadío y olivar.

Transiciones frutal

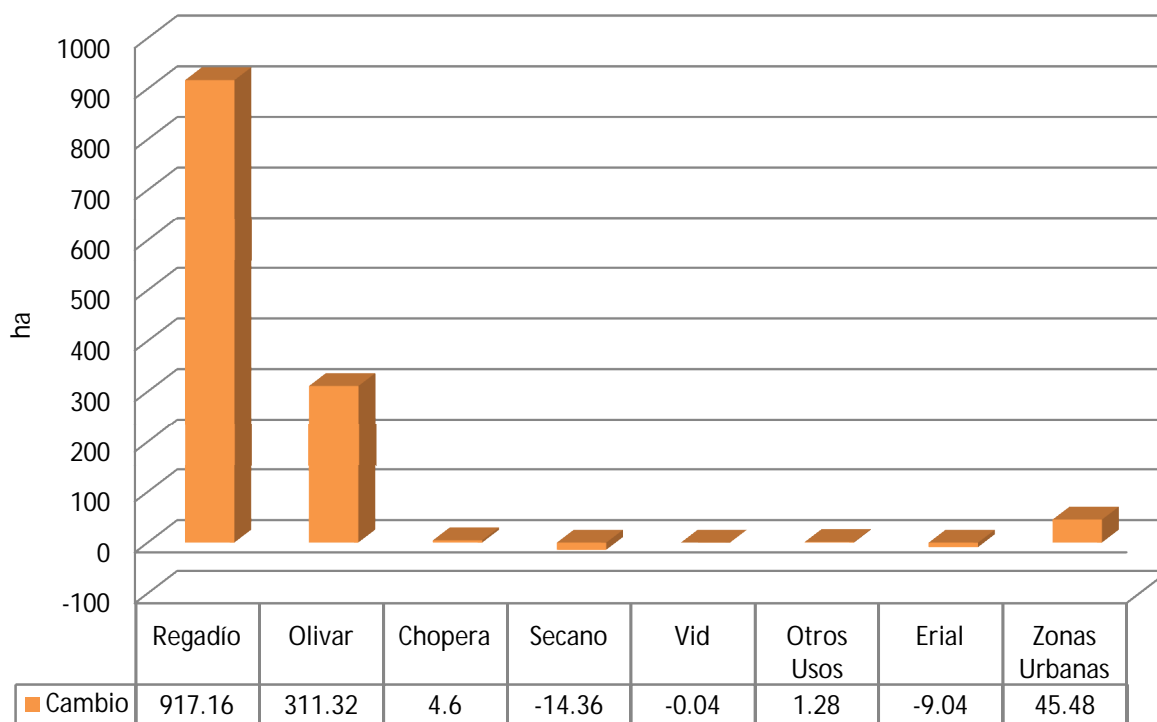


Figura 6-23: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con respecto al resto de usos (en Ha)

6.4.3.5 EL USO SECANO

De acuerdo con lo establecido en el epígrafe 6.2.2, el uso secano se convierte probablemente en el más controvertido de todos los usos analizados, debido a que bajo esta categoría se encuentran representadas diferentes situaciones, entre las que se encuentran, además de los cultivos de secano propiamente dichos, aquellas zonas en situación de semi-abandono en áreas cercanas a los principales núcleos urbanos, o las áreas puestas en regadío durante un período muy reducido de tiempo.

Estas características convierten al uso secano, que en el año 1990 era un uso secundario, en uno de los usos más dinámicos de todos los analizados, como queda patente en la Figura 6-24, en la que se muestran las importantes ganancias que este uso presenta, especialmente en aquellas áreas tradicionalmente asociadas a los cultivos de regadío tradicional.

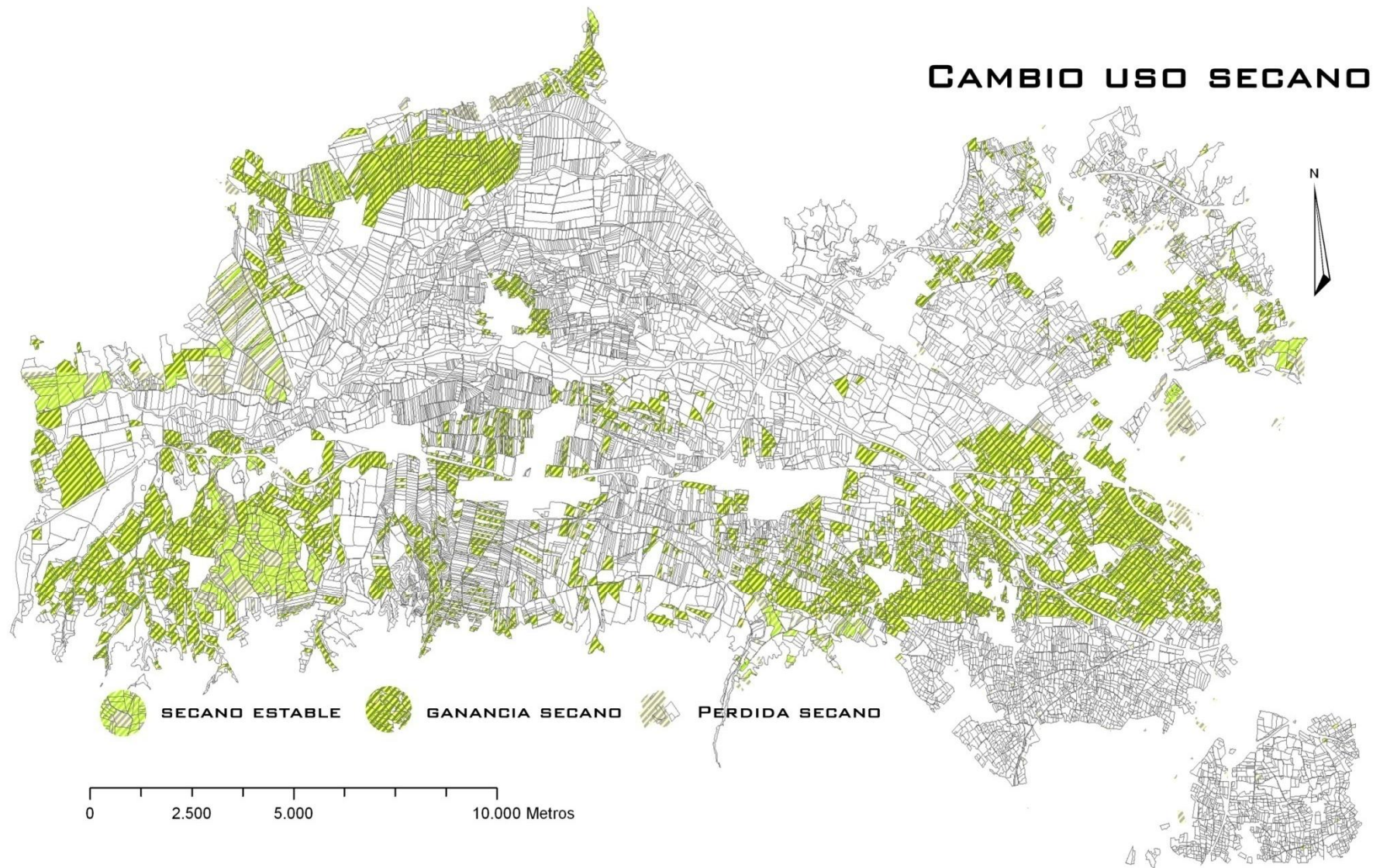


Figura 6-24: Estabilidad, ganancia y pérdidas en el uso seco

Al analizar las transiciones de forma cuantitativa (Tabla 6-7 y Figura 6-25) y se pone de manifiesto lo anteriormente expuesto. De esta forma, los incrementos superficiales de este uso son espectaculares, especialmente los que se derivan de las pérdidas del uso regadío, que se sitúan por encima de las 3000 ha, y que suponen la práctica totalidad de la superficie que dicho uso incrementa. El otro de los datos relevantes a este respecto es la pérdida de algo más de 200 ha hacia zonas de olivar.

	CAMBIO SECANO								
	Regadío	Olivar	Chopera	Frutales	Vid	Otros Usos	Erial	Zonas Urbanas	TOTAL
PÉRDIDAS	40,76	276,64	0	52,92	18,44	12,44	59	192,16	652,36
GANANCIAS	3321,44	64,84	61,92	67,28	9,36	1,76	29,92	295,56	3852,08
TOTAL	3280,68	-211,8	61,92	14,36	-9,08	-10,68	-29,08	103,4	3199,72

Tabla 6-7: Ganancias y pérdidas netas del uso secano con cada uno de los demás usos

Así pues, se puede concluir que la categoría secano, especialmente gracias a las zonas en estado de semi abandono, es la que más incrementa su presencia en la AUG, con una ganancia de casi 3200 ha netas. Este hecho es especialmente preocupante, y muestra una situación de pérdida de relevancia de los usos de regadío tradicional en el ámbito de estudio, que se traduce en una pérdida de suelo dedicado a actividades productivas.

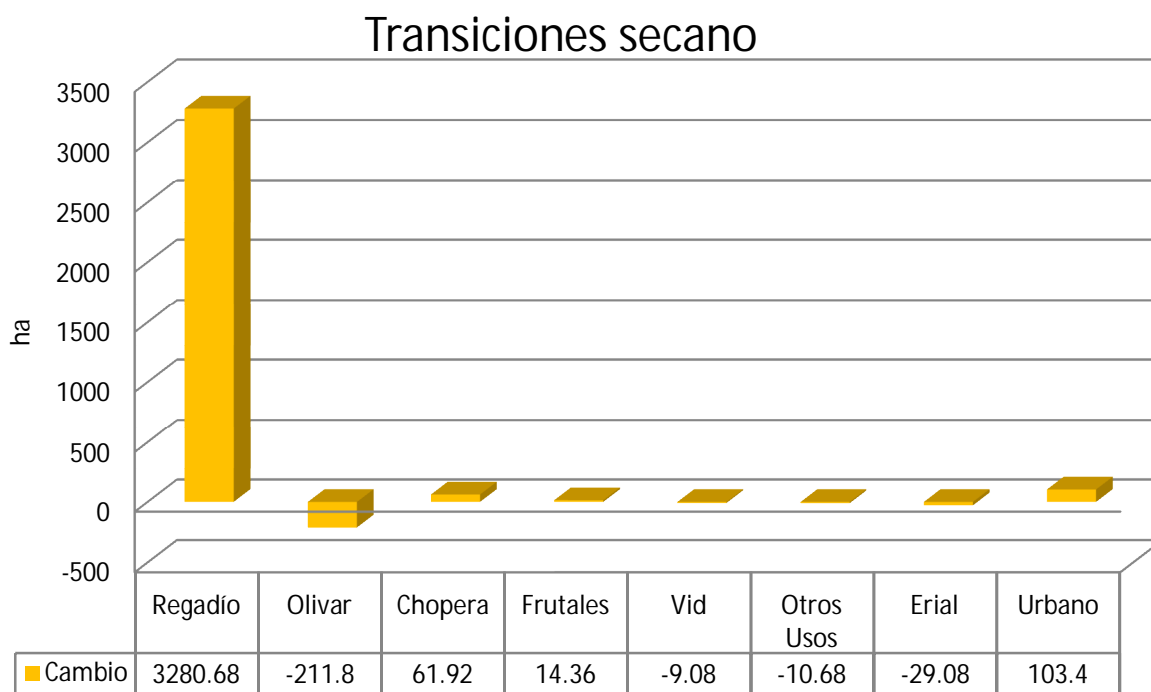


Figura 6-25: Ganancias y pérdidas netas del uso secano con respecto al resto de usos (en Ha)

6.4.3.6 LA COBERTURA ERIAL

Los eriales son la última de las coberturas del suelo analizadas, mostrando un dinamismo muy importante, como pone de manifiesto una estabilidad de en torno al 10 %. Este elevado porcentaje de cambio se traduce en un incremento importante de la superficie de erial, concretamente de más del 100 %.

Así pues, con respecto a la localización de las ganancias en esta cobertura, reflejados en la Figura 6-26, se puede señalar que se sitúan en los entornos de las grandes vías metropolitanas, como la A-92, A-44 y N-432, en los que se aprecia un número considerable de nuevas zonas sin cultivar que se incluyen en esta categoría. Igualmente son importantes los incrementos en la zona central del ámbito, dominada principalmente por los cultivos de chopera, lo que puede reflejar el turno de tala de dichos cultivos.

En lo que respecta a la estabilidad, se puede observar como es muy escasa, quedando reducida a varias parcelas, algunas de ellas también en el entorno de las zonas destinadas mayoritariamente al cultivo de chopera. Este hecho muestra un escaso mantenimiento de este uso, que generalmente se traduce en su transición a usos urbanos, como más adelante quedará de manifiesto. Se trata de una cobertura que actuaría como etapa intermedia entre el cultivo y puesta en labor de las parcelas agrarias y su posterior ocupación por parte de zonas urbanas.

CAMBIO EN LA COBERTURA ERIAL

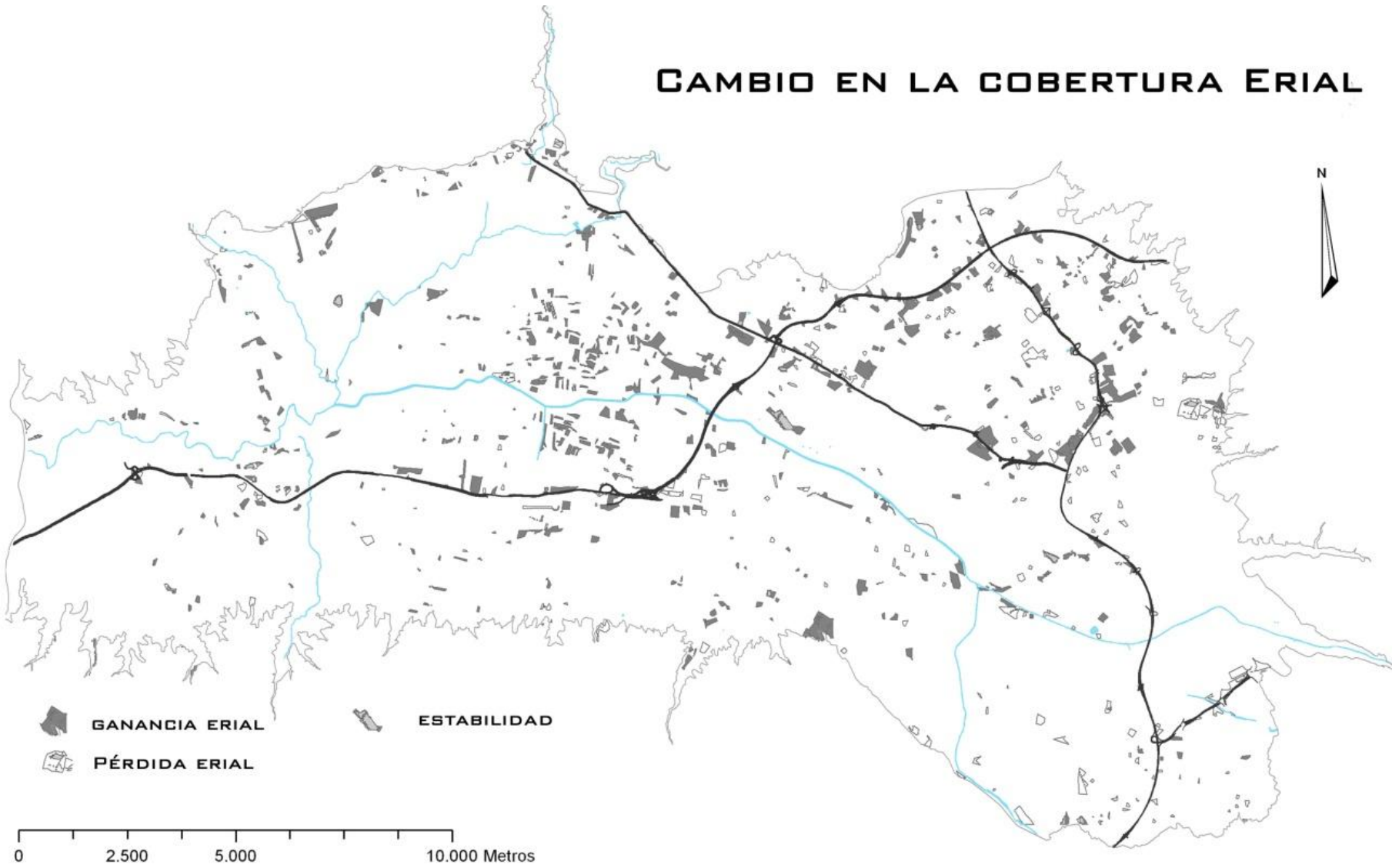


Figura 6-26: Estabilidad, ganancia y pérdidas de la cobertura arial

Esta situación de transición del uso erial es puesta de manifiesto en la Tabla 6-8, al ser la categoría de ocupación urbana la que recibe la mayor parte de las pérdidas del uso erial, que ascienden a casi 130 ha netas. Por su parte los incrementos del erial se nutren principalmente del uso regadío, que una vez más sufre una pérdida considerable de su superficie ocupada, con una caída de casi 430 ha netas. El siguiente uso que muestra un saldo favorable hacia erial es el uso choperera, cuyas transiciones podrían estar motivadas por el turno de estos cultivos. Estos datos quedan recogidos de forma sintética en la Figura 6-27

CAMBIO ERIAL									
	Regadío	Olivar	Choperera	Secano	Frutales	Vid	Otros Usos	Urbano	TOTAL
PÉRDIDAS	15,68	14,92	4,48	29,92	5,76	0,44	4,96	257,04	333,2
GANANCIAS	445,36	45,64	64,16	59	14,8	0,08	2,4	127,8	759,24
TOTAL	429,68	30,72	59,68	29,08	9,04	-0,36	-2,56	-129,24	426,04

Tabla 6-8: Ganancias y pérdidas netas de los eriales con cada uno de los demás usos

Así pues el incremento general del uso erial demuestra una pérdida de buena salud de las áreas agrícolas, que son abandonadas para posteriormente ser ocupadas por zonas urbanas, hecho que especialmente queda patente en la importante pérdida que el uso regadío muestra a favor de las zonas abandonadas que constituyen los eriales

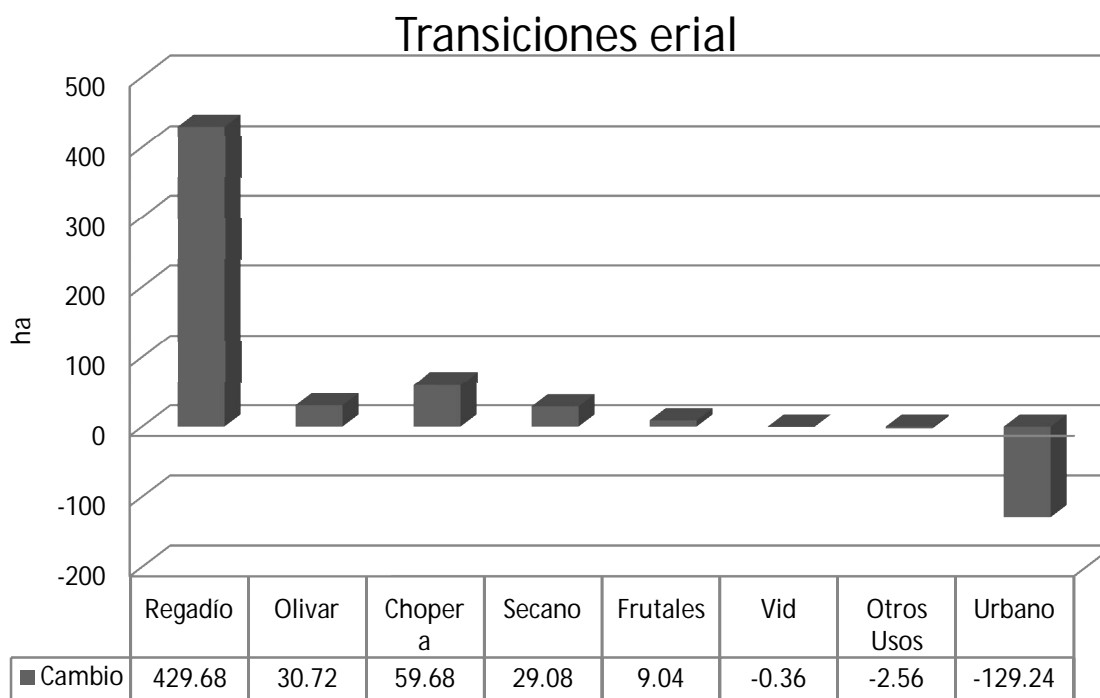


Figura 6-27: Ganancias y pérdidas netas del uso frutal con respecto al resto de usos (en Ha)

6.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LAS ZONAS AGRÍCOLAS

Una vez analizadas las ocupaciones agrícolas existentes en las fechas de 1990 y 2004, así como los valores de la estabilidad y cambio tanto a nivel global como a través de la exploración de las diferentes transiciones entre usos, se plantean a continuación las principales conclusiones que se pueden inferir a la vista de los resultados anteriormente presentados.

- El ámbito de la AUG presenta un entorno paisajístico dominado por un mosaico de cultivos de diversa índole, muchos de ellos con una importante tradición histórica.
- El análisis de los cambios existentes en el mosaico agrícola en el período comprendido entre 1990 y 2004 muestra un alto dinamismo de las transiciones y cambios de uso, con unos valores de estabilidad bajos, especialmente destacables en lo que respecta a usos como los regadíos tradicionales, matriz del mosaico paisajístico de la AUG
- El elevado dinamismo y cambio en el mosaico paisajístico revela una progresiva e importante pérdida del uso regadío como elemento tradicionalmente dominante del paisaje.
- Gran parte de los procesos de cambio se tratan de transformaciones hacia usos que se traducen en la antesala de los procesos de ocupación urbana, especialmente en lo que respecta a las ganancias de la ocupación erial y el secano (ver epígrafes, 6.4.3.1y 6.4.3.6) en el contexto éste último de las características que se han expuesto a lo largo del desarrollo del capítulo.
- En general se muestra un deterioro progresivo del paisaje agrario como consecuencia de la pérdida de interés económico en su capacidad productiva, y escasa capacidad para garantizar su función metropolitana como elemento estratégico de articulación territorial. Este hecho queda especialmente puesto de manifiesto a través de los valores de pérdida de importancia del uso regadío, matriz e identidad del paisaje, generalmente en los entornos de las zonas más dinámicas en lo que a cambios en la ocupación urbana respecta (corona metropolitana y cercanías a la ciudad de Granada, ver capítulo 3).

7. SIMULACIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA. GENERACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS PARA LA PLANIFICACIÓN

RESUMEN

Este capítulo presenta el diseño e implementación de un modelo de simulación basado en Autómatas Celulares (AC), que tiene como objetivo la generación de escenarios futuros de desarrollo metropolitano en la AUG. Para ello se exploran en primer lugar algunas de las variables con incidencia en los procesos de cambio en la ocupación urbana, que podrán ser implementadas en el modelo, para a continuación pasar al diseño e implementación del mismo.

El modelo implementado será calibrado tanto como para representar dinámicas pasadas como para la representación de los patrones de ocupación urbana mostrados en el capítulo 5, para a continuación plantear el diseño y la posterior simulación de tres escenarios futuros como combinación de diversos patrones, que puedan reflejar diferentes tendencias de evolución futura de la AUG.

Palabras clave

Simulación urbana, Autómatas celulares, escenarios, patrones de ocupación, Aglomeración urbana de granada

ABSTRACT

In this chapter the design and implementation of a simulation model based on Cellular Automata (CA) is presented. The objective of this model is to generate future urban scenarios for the metropolitan area of Granada. First, a correlation analysis was carried out to identify main variables related to urban growth. Then, a CA-based model has been developed using the variables with the highest correlation.

After that, the model was calibrated and tested in order to simulate past dynamics. Subsequently, the four urban growth patterns, as described previously, were simulated. These different urban patterns were then combined into three different scenarios. Finally the scenarios were simulated to explore possible urban growth trends in the metropolitan area of Granada.

Keywords: Urban simulation, Cellular automata, scenarios, urban patterns, Metropolitan Area of Granada.

ÍNDICE DE CAPÍTULO

7. SIMULACIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA. GENERACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS PARA LA PLANIFICACIÓN	174
7.1 INTRODUCCIÓN	177
7.2 DEFINICION DEL MODELO	179
7.2.1 FACTORES DE INFLUENCIA.....	179
7.2.2 CATEGORÍAS DE OCUPACIÓN URBANA	183
7.3 DISEÑO DE UN MODELO BASADO EN AC PARA LA SIMULACIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA.....	186
7.3.1 ¿POR QUÉ UN MODELO BASADO EN AC?.....	186
7.3.2 BASE CONCEPTUAL Y FUNCIONAMIENTO DEL MODELO	187
7.3.3 LOS COMPONENTES DEL MODELO.....	189
7.3.4 IMPLEMENTACIÓN	197
7.4 LA GENERACIÓN DE SIMULACIONES EMPLEANDO EL MODELO BASADO EN AC.....	202
7.4.1 SIMULACIONES EXPOST PARA 1999 A PARTIR DE LA OCUPACIÓN URBANA DE 1984.....	204
7.4.2 ELABORACIÓN DE SIMULACIONES FUTURAS DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN.	208
7.4.3 EL DISEÑO DE ESCENARIOS FUTUROS POSIBLES DE OCUPACIÓN.	212
7.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1: Esquema de desarrollo del trabajo de simulación urbana elaborado en el capítulo 7.....	178
Figura 7-2: Discretización de los valores de la variable orientaciones.....	181
Figura 7-3: Categorías de ocupación urbana y crecimientos en la ciudad de Lyon. Fuente proyecto MOLAND (EEA,2002)	183
Figura 7-4: Cartografía de categorías de ocupación del suelo urbanizado en la Aglomeración Urbana de Granada.	185
Figura 7-5: Esquema general del funcionamiento del modelo.....	188
Figura 7-6: Zonas de distancia en la ventana de vecindad o filtrado.....	192
Figura 7-7: Esquema conceptual de la obtención del valor del parámetro de vecindad para uno de los 4 usos dinámicos.	194
Figura 7-8: Distancia a la red viaria para la generación de las simulaciones futuras (tomando como base el año 2004).....	195
Figura 7-9 Obtención de la dimensión radial para el ámbito de estudio	197
Figura 7-10 Esquema conceptual de la implementación del modelo de simulación en el constructor de modelos de IDRISI.....	198
Figura 7-11: Comandos de filtrado para el cálculo de la atracción/repulsión de los diferentes usos	200
Figura 7-12: Comandos y operaciones para la obtención del parámetro de aleatoriedad.....	200

Figura 7-13: Operaciones necesarias para obtener el potencial de transición para un uso dinámico a partir de la combinación de los diferentes parámetros.	201
Figura 7-14: Selección de los píxeles con el valor más alto.....	201
Figura 7-15: Modelo implementado el en constructor de modelos MACRO MODELER de IDRISI.	202
Figura 7-16: Diferentes escenarios futuros de crecimiento urbano para la ciudad de Turín (Fuente: Luca, 2007).....	204
Figura 7-17: Etapas de simulación abordadas en el trabajo.....	203
Figura 7-18: Simulación ex post para 1999, junto con la situación real para ese año y los datos de partida.	206
Figura 7-19: Tabulación cruzada para la simulación realizada (columnas) y la situación real (filas) en 1999.	207
Figura 7-20: Escenarios futuros representando los 4 patrones de ocupación descritos	211
Figura 7-21: Escenario de contención de la ocupación urbana	217
Figura 7-22: Escenario de especialización tecnológica e industrial	218
Figura 7-23: Escenario de incremento de la ocupación residencial.....	219
Figura 7-24: Áreas seleccionadas para la comparación visual de los diferentes escenarios.....	220
Figura 7-25: Comparación de los escenarios en el área de Armilla-Granada.....	221
Figura 7-26: Comparación visual de los escenarios en el área del entorno de Albolote	221
Figura 7-27: Comparación visual de los escenarios en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé.	222
Figura 7-28: Comparación visual de los escenarios en el entorno del municipio de Vegas del Genil.....	222

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7-1: Variables empleadas en el análisis de correlación con el crecimiento urbano.	180
Tabla 7-2: Resultados del análisis de correlación mediante regresión logística para el período 1984-2004	182
Tabla 7-3: Categorías de leyenda empleadas para representar áreas urbanas en trabajos de simulación	184
Tabla 7-4: tamaño de celda y vecindad para diversos trabajos de modelización con AC	190
Tabla 7-5: Valores de calibración iniciales para desarrollar el comienzo de las simulaciones.	193
Tabla 7-6: Valores del índice Kappa por usos.....	207
Tabla 7-7: valores de calibración para un uso dinámico en función del patrón de crecimiento a representar.	209
Tabla 7-8: Características espaciales de los tres escenarios diseñados	215

7.1 INTRODUCCIÓN

En este séptimo capítulo se aborda la elaboración, diseño e implementación de un modelo de simulación basado en autómatas celulares, así como su aplicación al ámbito de estudio de la AUG para la generación de escenarios futuros. De acuerdo con la estructura del trabajo planteada en el capítulo 2, el presente capítulo tiene como objetivo responder, o al menos interpretar la difícil cuestión de *“¿Qué posibles tendencias pueden existir en la ocupación urbana de los paisajes agrarios?”*.

El modelo elaborado, implementado íntegramente en el SIG IDRISI KILIMANJARO, permite la elaboración de distintos escenarios, una vez que ha sido calibrado y testeado para la AUG, que tendrán como objetivo mostrar posibles tendencias futuras de evolución del ámbito de estudio, todo ello tomando como base los distintos patrones de ocupación urbana/metropolitana que han sido previamente descritos en el capítulo 5 y los análisis del cambio en la ocupación de suelo realizados en el capítulo 3. No se trata por tanto de un modelo normativo que muestre situaciones óptimas de ocupación urbana, sino que simula posibles cambios en la misma, para que estos puedan ser valorados posteriormente.

Los escenarios que se han generado se obtendrán en sucesivas etapas, de tal forma que en una primera fase se prueba la capacidad del modelo para representar dinámicas pasadas, en una segunda etapa se muestran sus capacidades para representar cada uno de los patrones de ocupación urbana (escenario agregado, lineal, nodal y en urbanizaciones), para que finalmente como combinación de diversos patrones y tendencias, se muestren los escenarios futuros planteados, que podrán ser evaluados como posibles tendencias de evolución de la AUG, en el último epígrafe del capítulo.

De esta forma, el capítulo queda estructurado de la siguiente forma (Figura 7-1):

1. Definición del modelo
 - a. Factores de influencia en la ocupación urbana
 - b. Las categorías de ocupación urbana
2. Diseño, implementación y calibración del modelo basado en AC.
 - a. Diseño conceptual
 - b. Descripción de los componentes del modelo e implementación en un SIG
3. Generación de simulaciones y escenario futuros: Simulaciones expost
 - a. Simulaciones expost 1984-1999
 - b. Simulación de los patrones de ocupación
 - c. Escenarios futuros de tendencia

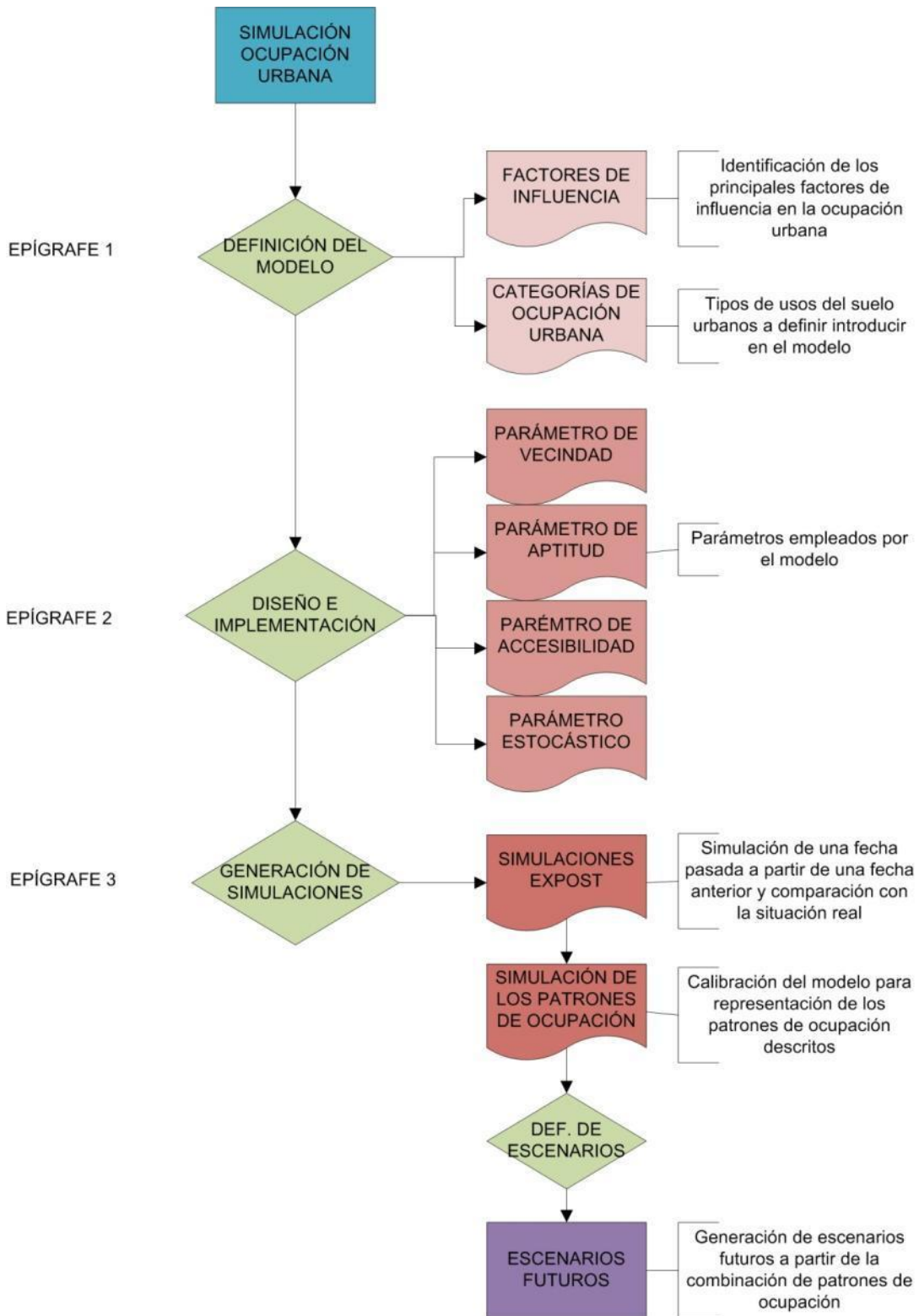


Figura 7-1: Esquema de desarrollo del trabajo de simulación urbana elaborado en el capítulo 7.

7.2 DEFINICION DEL MODELO

7.2.1 FACTORES DE INFLUENCIA

El planteamiento de cualquier modelo de simulación que se pretenda elaborar para estudiar los cambios que tienen lugar en un área metropolitana, los cuales son especialmente complejos (Verburg *et al*, 2004), requiere de un conocimiento previo del grado de influencia que diversos factores representan con respecto a ellos (Cheng y Masser, 2003).

En este sentido, se aborda en primer lugar, y como paso previo al proceso de modelización y simulación que se presentará a lo largo del capítulo, un análisis mediante regresión espacial del grado de influencia que presentan distintos factores en relación con el cambio en la ocupación urbana (López, Bocco, Mendoza, y Duhau 2001; Cheng y Masser, 2003, Pontius and Bacchu, 2003; Matarán Aguilera y Valenzuela, 2006). Algunos de los factores analizados en estos trabajos son por ejemplo las figuras de protección existentes, pendientes, distancia a carreteras (Pontius y Schneider, 2001); población (López *et al*, 2001); factores de vecindad, tipos de red viaria o centros industriales (Cheng y Masser, 2003), lugares de concentración de actividades productivas (Matarán *et al*, 2006), precio del suelo, (Chica, Cano, y Chica, 2007), etc

De todo este conjunto de factores con influencia más o menos intuitiva en los procesos de crecimiento de la ocupación urbana, se han seleccionado un conjunto limitado de ellos, atendiendo a la disponibilidad de información existente y a la capacidad para su representación espacial, así como especialmente a la inclusión de aquellos factores que se han identificado como influyentes en la determinación de los patrones de ocupación urbana (capítulo 5).

7.2.1.1 LA SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA.

En el contexto en el que se desarrolla este trabajo (capítulo 2), y como se señalaba anteriormente, no se ha planteado un proceso de exploración exhaustiva de todas las variables explicativas de los procesos de desarrollo urbano, sino que se ha optado por la selección de un conjunto de variables sencillas, fácilmente cartografiables y que además guarden relación con las variables influyentes en la configuración de los patrones de ocupación. De esta forma, estos análisis pueden ser fácilmente reproducibles en otros ámbitos de trabajo metropolitanos¹, a la vez que representan aspectos fundamentales en la configuración de los patrones de ocupación urbana.

Estos factores son los siguientes:

Proximidad: La primera de las variables consideradas ha sido la *proximidad física*, representada como la distancia a las zonas urbanas existentes. Este factor plantea una mayor probabilidad de desarrollo de zonas urbanas en aquellas áreas próximas a las áreas urbanas ya existentes (especialmente importante en los crecimientos agregados), y ha sido ampliamente empleada en simulaciones de la ocupación urbana (Santos, 1994).

Accesibilidad: tal y como queda patente en el capítulo 4, la accesibilidad es un importante factor en relación con los cambios en la ocupación urbana, por lo que se ha tratado de cuantificar el grado en que dicha variable actúa como factor explicativo de los mismos.

¹ Uno de los objetivos de este trabajo es realizar un modelo relativamente sencillo, especialmente en lo que se refiere a su aplicabilidad en otros ámbitos metropolitanos diferentes. En este contexto no tiene sentido plantear un análisis exhaustivo de factores explicativos del crecimiento urbano.

Distancia a la red de carreteras: La red viaria y su forma condicionan en gran medida los crecimientos de las zonas urbanas, en lo que respecta a la mayor parte de los patrones de ocupación que se ha analizado de forma previa, pero especialmente a los crecimientos lineales y nodales. Por ello, además de la accesibilidad, se ha explorado la relación con esta variable.

Las *zonas urbanizables* establecidas en los Planes Generales de Ordenación Urbana suponen uno de los factores más importantes que a priori condicionan los crecimientos de las zonas urbanas. Es por ello que la cartografía disponible de áreas urbanizables ha sido evaluada como uno de los factores explicativos del cambio.

Las *pendientes y orientaciones* como factores ambientales pueden ser entendidas factores condicionantes del crecimiento, ya que pueden limitar el desarrollo de áreas urbanas en algunas de las zonas del ámbito de estudio.

Fuera de esta lista quedan multitud de variables o factores con importante influencia en los procesos de crecimiento de la ocupación urbana, algunos de las cuales ya se señalaban anteriormente como parte importante de algunos estudios de este tipo: precio del suelo, densidad de población, nivel de renta, etc.². Sin embargo, las variables empleadas son significativas de los cambios que tendrán lugar en la AUG³, y además son fácilmente cartografiables para otros ámbitos de estudio, lo que satisface los objetivos de portabilidad y sencillez para la implementación del modelo en otros ámbitos de estudio.

Así pues, el empleo del conjunto de variables anteriormente descritas (recogidas en la Tabla 7-1) no limita los objetivos establecidos en la tesis, basados en la generación de simulaciones a partir de variables sencillas.

Variable	Descripción	Tipo
Distancia a vías de comunicación	Distancia a las vías de comunicación	Continua
Pendientes	Pendientes	Continua
Orientaciones	Orientación	Discreta
Distancia a zonas urbanas	Distancia a las zonas urbanas	Continua
Accesibilidad a núcleos urbanos	Tiempo de acceso a núcleos urbanos (Generada en el Capítulo 4)	Continua
Suelo urbanizable	Suelo urbanizable en el planeamiento	Binaria

Tabla 7-1: Variables empleadas en el análisis de correlación con el crecimiento urbano.

Como se puede observar en dicha tabla, la mayor parte de dichas variables son variables continuas, el suelo urbanizable será una variable binaria, que contará únicamente con las categorías urbanizable y no urbanizable; y por su parte las orientaciones serán discretizadas mediante su división en 3 categorías de orientación: orientación Sur (150-210°), orientación Norte (330-30°) y orientación Este/Oeste (Figura 7-2)

² A este respecto son especialmente interesantes los trabajos de Verburg *et al* (2004) y de Cheng y Masser (2003) que realizan una exploración amplia de diferentes factores con influencia en la ocupación urbana.

³ Como se pondrá de manifiesto a la hora de simular las dinámicas urbanas con el modelo desarrollado, empleando factores sencillos.

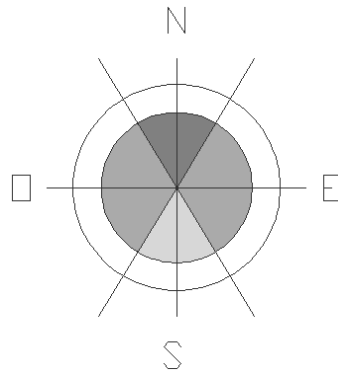


Figura 7-2: Discretización de los valores de la variable "orientaciones"

7.2.1.2 LA VALORACIÓN DEL GRADO DE INFLUENCIA DE LOS FACTORES.

Para valorar el grado de influencia que presentan los factores seleccionados, se ha empleado un análisis de regresión espacial (Silva y Barroso, 2004). Existen distintos tipos de análisis de regresión que varían en función del número y la naturaleza de las variables involucradas, así como de la fórmula matemática capaz de describir la relación que las vincula. En este trabajo se ha apostado por la realización del análisis de regresión mediante regresión logística (Aspinall, 2004) para determinar el grado de influencia que el conjunto de factores (variables explicativas) ha tenido sobre los cambios en la ocupación urbana (capítulo 3), para el período 1984-2004.⁴

Este método logístico se encuentra disponible en el Software IDRISI Kilimanjaro, a través del comando *LOGISTICREG*, de tal forma que para poder ser aplicado, es condición necesaria que la variable a explicar, en este caso el cambio en la ocupación urbana, sea una variable binaria. Este hecho se cumple, al representarse como áreas de crecimiento (1) y áreas sin crecimiento (0). Una vez disponible la variable binaria a explicar, así como las diferentes variables explicativas (variables incluidas en la Tabla 7-2), se puede aplicar dicho método, que toma la forma siguiente (Ecuación: 7-1):

$$\ln \frac{P}{1-P} = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Ecuación: 7-1: El modelo logístico

Donde P representa la probabilidad de que se dé un fenómeno determinado, en este caso, el cambio en las zonas urbanas; x_1 hasta x_n serían las seis variables explicativas contempladas en la Tabla 7-1, y α y β son los parámetros de regresión estimados para obtener el mayor ajuste posible.

Una vez estimada la probabilidad de cambio en la ocupación urbana en función de las 6 variables explicativas presentadas, a continuación se comparan las áreas con mayor probabilidad de cambio, con los cambios reales que han tenido lugar, empleando para ello el estadístico ROC (*Relative Operating Characteristic*) (Pontius y Schneider, 2001; Pontius y Pacheco, 2004). En función de la correspondencia que exista entre los cambios reales y la probabilidad de cambio estimada, se obtiene un valor de ROC para cada variable, que valora el grado de correlación o de influencia de las distintas variables con la ocupación urbana (Pontius y Bacchu, 2003)

Los valores de este estadístico oscilan entre 0 y 1, de modo que valores por debajo de 0,5 muestran una nula influencia de las variables explicativas (Pontius y Schneider, 2001), y cualquier valor por encima de

⁴ En este sentido las variables explicativas están referidas a la situación en 1984.

0,5 muestra un grado de correlación entre las variables explicativas y el cambio en la ocupación urbana, que será mayor cuando mayor sea la proximidad a 1 (Clark Labs, 2003).

La Tabla 7-2 recoge los valores del parámetro ROC para cada una de las distintas variables seleccionadas, ordenadas de mayor valor de correlación a inferior.

Variable	ROC
Distancia a zonas urbanas	0.8065
Accesibilidad a núcleos de población	0.7469
Distancia a vías de comunicación	0.7426
Suelo Urbanizable	0.6284
Pendientes	0.5991
Orientaciones	0.5

Tabla 7-2: Resultados del análisis de correlación mediante regresión logística para el período 1984-2004

Los resultados obtenidos muestran los mayores valores de correlación para la variable de proximidad, o de distancia a las zonas urbanas existentes. En este sentido, aquellas zonas cercanas a áreas urbanas presentan, a priori, unas mayores posibilidades de transformarse en zonas urbanas, o al menos lo han hecho en el período comprendido entre 1984 y 2004.

Por otra parte, las siguientes variables en lo que a valores de correlación se refiere son la accesibilidad a los núcleos de población, (ver capítulo 4) así como la distancia a la red de transporte y movilidad de la AUG, que presentan unos valores de 0.75 para el ROC. Este hecho muestra de forma empírica la importante influencia y relación mostrada en los capítulos 4 y 5, que existe entre los crecimientos de zonas urbanas y el sistema metropolitano de infraestructuras de transporte y movilidad.

Finalmente los valores más bajos los encontramos en el caso del suelo catalogado como urbanizable en el año 1984, y las pendientes, puesto que las orientaciones muestran unos valores de 0,5 que denotan una nula influencia. A primera vista, este hecho podría resultar especialmente contradictorio, puesto que indica una escasa capacidad del planeamiento para dirigir los cambios en la ocupación urbana de la ciudad. Sin embargo, se debe tener en cuenta, como ya se señaló anteriormente en el análisis de los distintos períodos del cambio en la ocupación urbana (Capítulo 3), que en el año 1984 aún existía un planeamiento obsoleto que se encontraba en pleno proceso de transición, con lo que los cambios surgidos en el planeamiento justificarían los crecimientos que han tenido lugar en este período.

El análisis conjunto de todas las variables anteriores muestra un ROC global de 0.84, que puede considerarse como un valor alto, de tal forma que se puede afirmar que buena parte de los cambios acontecidos en los últimos años pueden ser explicados a través del conjunto de variables sencillas presentadas. Especialmente destacable es el hecho de que la contigüidad espacial es uno de los principales factores de influencia en los cambios en la ocupación urbana,

Por otra parte, y como otra clara conclusión se puede inferir que la variable distancia a red viaria y accesibilidad es importante y una de las fuerzas claras que *atrae* los crecimientos de la ciudad en unos u otros sentidos, por lo que debe ser tenida en cuenta en los procesos de simulación, además de ser una de las variables que explica o interpreta los diferentes patrones de ocupación urbana. Finalmente, también presentan valores de influencia aquellos factores que tienen que ver con la calificación del suelo en dicho territorio y las características físicas del mismo, aunque en una menor medida.

Así pues, a la vista de estos resultados, parecen existir tres factores principales que configuran de forma básica los comportamientos de la AUG, al menos en que respecta a los últimos 20 años. Estos factores son

la vecindad, la accesibilidad/red viaria, y por último los condicionantes físicos o legales al desarrollo urbano, que podríamos denominar aptitud. A estos se podría unir un factor de dispersión o compacidad con una importante influencia en los diferentes patrones de ocupación identificados en el capítulo 5.

7.2.2 CATEGORÍAS DE OCUPACIÓN URBANA

A la hora de elaborar el modelo, es conveniente poseer una leyenda de ocupación urbana amplia, que permita explorar los diferentes efectos de vecindad (una de las principales variables influyentes) que pueden existir entre categorías de ocupación urbana (Engelen, White, Uljee y Drazan, 1995; Barredo, Lavalley, Demicheli, Kasanko y McCormick, 2003b). La cartografía generada para el análisis de la dinámica de la ocupación urbana presentada en el capítulo 3, carece de esta distinción entre múltiples categorías de ocupación, lo que motiva la necesidad de una adaptación de la misma que permita mostrar las interacciones de unos usos con respecto a otros.

Se plantea así pues la actualización cartográfica orientada a la aplicación del modelo, lo que se convierte en uno de los puntos más críticos en los estudios de simulación de la ocupación urbana (EEA, 2002). No en vano muchos de los trabajos de simulación más relevantes publicados en los últimos años (White y Engelen, 2000, para los Países Bajos; o Barredo *et al*, 2003a para el caso de Dublín) tienen como soporte importantes proyectos en los que la generación de bases de datos homogéneas y rigurosas es un importante objetivo, como es el caso del proyecto MOLAND⁵ (Figura 7-3)

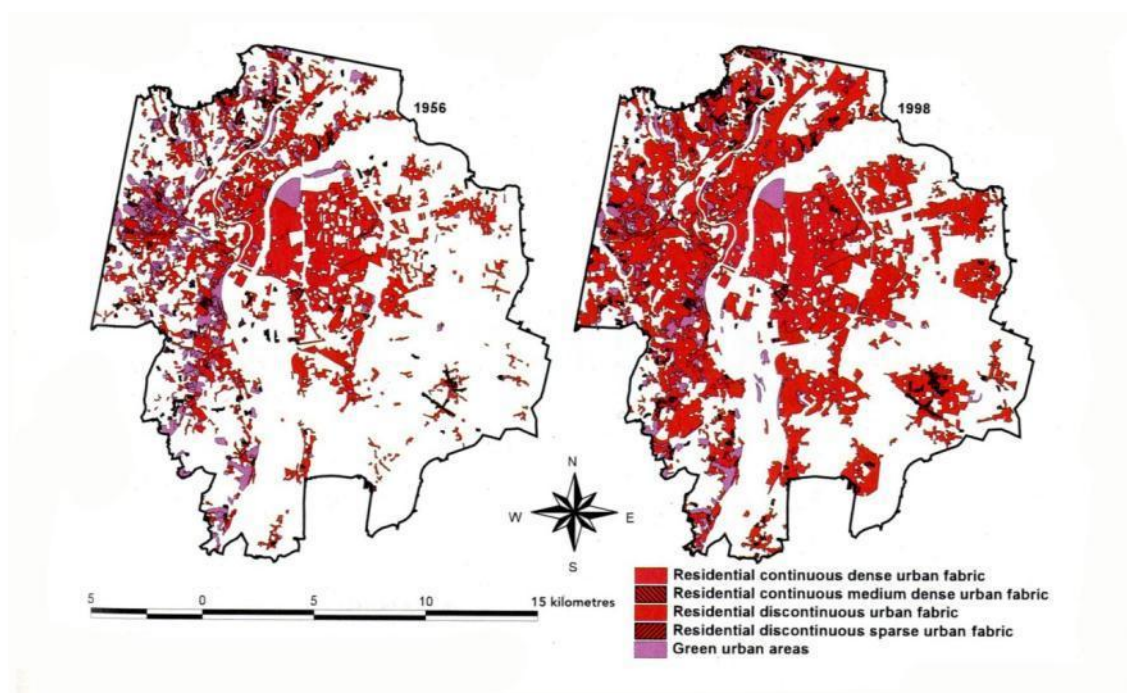


Figura 7-3: Categorías de ocupación urbana y crecimientos en la ciudad de Lyon. Fuente proyecto MOLAND (EEA,2002)

Para actualizar la cartografía generada en el capítulo 3 se ha elaborado un nuevo proceso de fotointerpretación de las fuentes básicas (descritas en el capítulo). La selección del número de categorías de ocupación urbana a identificar constituye un punto crítico, puesto que aunque una mayor amplitud de leyenda supone una mayor riqueza de posibilidades de interacción entre usos, a la vez también supone un

⁵ El proyecto Moland tiene como objetivo simular dinámicas territoriales y urbanas en Europa, y para ello establece de forma previa el estudio de las ocupaciones del suelo, a partir de una leyenda modificada del proyecto CORINE

incremento muy elevado de la complejidad del modelo, que en cualquier caso siempre debe ser una simplificación “razonable” de la realidad (Veldkamp y Lambin, 2001).

De acuerdo con estos argumentos, y a la vista de las amplitudes de leyenda empleadas por algunos de los trabajos existentes en la materia (Tabla 7-3), se ha establecido finalmente una leyenda de 7 categorías de ocupación urbana, más una categoría que representaría aquellos lugares no ocupados susceptibles de acoger nuevos crecimientos.

Las 7 categorías seleccionadas, reveladoras del modelo de ocupación de la AUG, aportan una profundidad de leyenda más amplia que la disponible con la cartografía de la dinámica de ocupación urbana, y por ello introducen una mayor riqueza en lo que ha posibilidades de interacción de usos se refiere; todo ello sin suponer una elevación excesiva de la complejidad del proceso de simulación.

Usos del suelo Urbanos	
Proyecto, trabajo	Categorías de ocupación urbana
CORINE (EEA, 2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Residencial disperso • Residencial agregado • Industrial/comercial • Viario • Áreas verdes • Puertos • Aeropuertos • Equipamientos
Proyecto MOLAND (Barredo <i>et al</i> , 2003b)	<ul style="list-style-type: none"> • Residencial Denso • Residencial discontinuo • Residencial discontinuo disperso • Industrial • Comercial • Equipamientos • Zonas verdes • Autopistas • Viario • Ferrocarril • Puertos • Aeropuertos
White y Engelen (1997) (Cincinatti)	<ul style="list-style-type: none"> • Residencial • Industrial • Comercial
Engelen, White, Uljee y Drazan (1995).	<ul style="list-style-type: none"> • Residencial • Turístico • Aeropuerto • Resto urbano

Tabla 7-3: Categorías de leyenda empleadas para representar áreas urbanas en trabajos de simulación

Estas categorías son las siguientes:

Zonas residenciales de alta densidad: en referencia a aquellas zonas con viviendas en altura correspondientes con la ciudad tradicional. Su mayor presencia se encuentra en la capital de la AUG, aunque existen nuevos desarrollos que en los últimos tiempos generan áreas residenciales de este tipo en los núcleos urbanos de la corona metropolitana.

Zonas residenciales de baja densidad: en referencia a aquellas áreas de viviendas unifamiliares, bien por tratarse de núcleos urbanos tradicionales o por ser nuevos desarrollos de urbanizaciones y viviendas de este tipo.

Áreas industriales: Se corresponden con aquellas áreas previamente identificadas como uso industrial en el capítulo 3. Se caracterizan por sus patrones de ocupación generalmente lineales, que las llevan a localizarse principalmente en el entorno de los principales ejes viarios metropolitanos como N-432, A-44 y A-92

Zonas comerciales: aquellas áreas en las que se ubican grandes superficies comerciales de ocio, etc., las cuales se localizan generalmente en las cercanías de los nodos de la red viaria de movilidad metropolitana (capítulo 5).

Red viaria: Como soporte fundamental de orientación y articulación de las relaciones metropolitanas.

Equipamientos: en correspondencia con los grandes campus universitarios, zonas hospitalarias, recintos feriales, colegios, etc.

Zonas verdes: que se corresponden con las áreas verdes urbanas que configuran los parques de los distintos núcleos y ciudades.

La cartografía de ocupación urbana generada para las distintas categorías queda reflejada en la Figura 7-4.

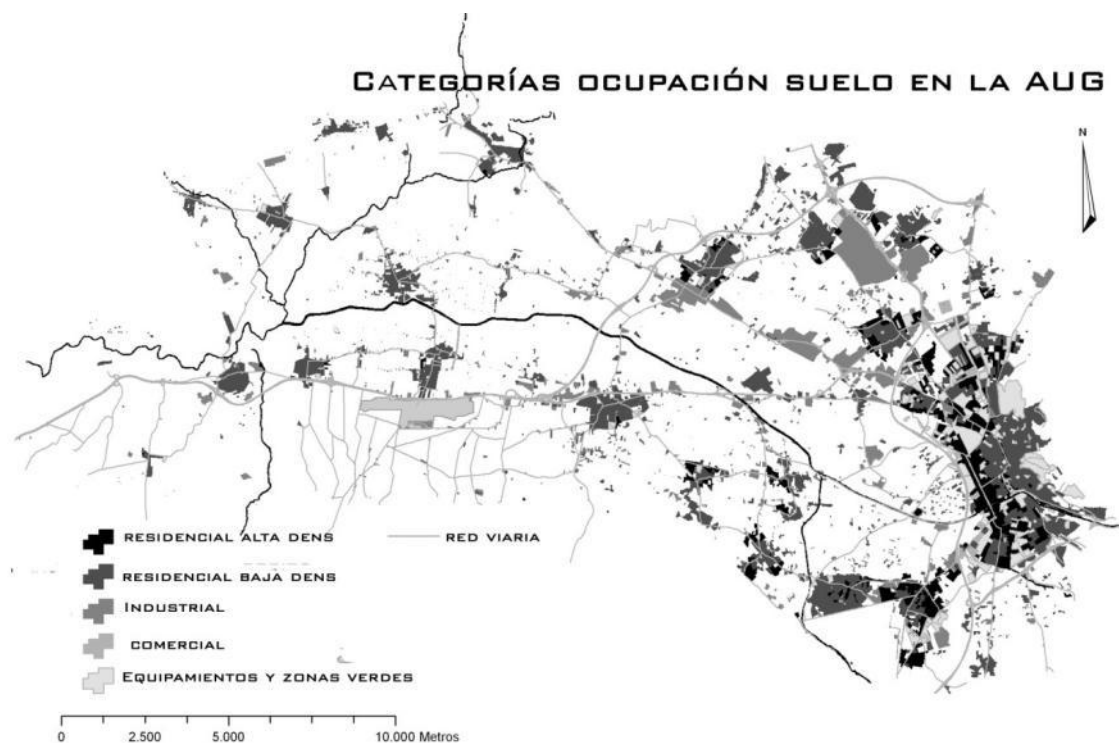


Figura 7-4: Cartografía de categorías de ocupación del suelo urbanizado en la Aglomeración Urbana de Granada.

Sin embargo, y con el objetivo de facilitar los cálculos de las diferentes simulaciones, únicamente se han considerado usos DINÁMICOS, esto es, que pueden cambiar su estado en las simulaciones del modelo, a los cuatro primeros (zonas residenciales de alta y de baja densidad, zonas comerciales y zonas industriales), de tal forma que el resto de los usos o tipologías se han considerado usos ESTÁTICOS, que no pueden cambiar su estado, pero que por otra parte tienen capacidad de influir en la ocupación de los usos dinámicos. Este recurso también ha sido empleado en algunos de los trabajos existentes en la materia, con el objetivo de simplificar las tareas de diseño del modelo, reduciendo los usos dinámicos que pueden cambiar a aquellos usos con un mayor dinamismo (White *et al*, 1997).

El resto de las áreas que no se incluyen en estas categorías, es decir, fundamentalmente las áreas agrícolas estudiadas en el capítulo 6, se agruparían bajo la categoría de "no urbano" y no presentarían

ningún efecto de atracción o repulsión sobre los usos urbanos dinámicos, de tal forma que su comportamiento es neutro en el modelo. Este hecho tiene sentido en el contexto de un modelo de simulación urbana, que no de cambios de usos del suelo, en el que sería un aspecto fundamental los cambios y la influencia de otros usos como los agrícolas.

Se dispone pues como resultado de este nuevo proceso de interpretación de las fuentes, de una nueva leyenda lo suficientemente amplia para permitir una amplia riqueza de interacciones entre los distintos usos como uno de los principales motores de cambio, pero que por otra parte está formada por un conjunto de categorías que hace asumible la tarea de implementación del modelo, la cual se incrementa a medida que se trabaja con mayor número de categorías.

7.3 DISEÑO DE UN MODELO BASADO EN AC PARA LA SIMULACIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA.

7.3.1 ¿POR QUÉ UN MODELO BASADO EN AC?

A la vista de los cuatro principales factores explicativos de la ocupación urbana destacados anteriormente (proximidad o vecindad, la accesibilidad/distancia a la red viaria, la aptitud, y la compacidad o dispersión), así como de la leyenda construida en el epígrafe anterior, se aborda en este epígrafe el diseño conceptual del modelo de simulación.

A la hora de diseñar el modelo de simulación, las posibilidades para la implementación eran múltiples, como prueban algunos de los trabajos recientes realizados en la materia: regresión logística (López *et al*, 2001; Aspinall, 2004) modelos basados en autómatas celulares (White *et al*, 1997; Barredo *et al* 2003a); redes neuronales, evaluación multiobjetivo (Paegelow Camacho y Menor, 2003) etc. Sin embargo, la discusión de las características propias de los AC (capítulo 2), así como los resultados de los análisis de las dinámicas territoriales de la AUG ha mostrado la conveniencia de la selección de los AC como instrumento para el desarrollo del modelo de acuerdo con los siguientes puntos:

- En primer lugar, *la vecindad* se ha mostrado como uno de los principales factores en relación con los cambios en la ocupación urbana acontecidos en la AUG en los últimos años. Los AC por definición son herramientas matemáticas en las que los cambios que se producen en cada elemento del sistema están condicionados por sus elementos vecinos (Wolfram, 1984; Batty, 1997; Torrens, 2000). En este sentido el empleo de modelos basados en AC encuentra un fundamento teórico importante.
- En segundo lugar, los AC se caracterizan *por su capacidad para simular dinámicas complejas* (Wolfram, 1984, Couclelis, 1997) similares a los que presentan las ciudades (Frankhauser, 1998, Salingeros, 2005). Esto los convierte en un candidato idóneo para la simulación de dinámicas urbanas.
- Otro aspecto que juega a favor del empleo de los AC es su *sencillez*: Los modelos basados en AC son modelos relativamente sencillos, o al menos se basan en conceptos sencillos que facilitan su implementación en diferentes ámbitos o trabajos (Wolfram, 1984). Este hecho muestra una capacidad de generación de comportamientos complejos a través del establecimiento de reglas sencillas (Itami, 1994; Batty, 1997; Couclelis, 1997).

- La *facilidad de integración con datos SIG* es otro de los aspectos interesantes de los AC, puesto que al estar definidos en una retícula regular, son fácilmente asimilables a la malla raster empleada por cualquier SIG de este tipo (White y Engelen, 2000). De esta forma, toda la información del análisis de las dinámicas territoriales de la AUG generadas mediante SIG puede ser integrada en el modelo de simulación.
- *Su facilidad de implementación.* La facilidad de implementación de un modelo basado en AC en el constructor de modelos de un SIG convencional, como IDRISI es un factor determinante a la hora de su elección, puesto que no es necesario ningún proceso de programación en lenguajes de alto nivel⁶ para llevarlo a cabo, lo que hace fácilmente reproducible la experiencia en diferentes ámbitos de trabajo.
- *Su aspecto novedoso:* Los modelos basados en AC han sido escasamente empleados en ámbitos mediterráneos como es el caso de España, con las peculiaridades que sus ciudades y áreas metropolitanas presentan, lo que eleva el interés por la aplicación de instrumentos de este tipo.⁷
- *Su relevancia actual en la literatura internacional,* y es que los modelos basados en AC, junto con los basados en multiagentes son los de mayor presencia en la bibliografía internacional, en lo que respecta a simulación de dinámicas urbana, algunas de ellas además muy recientes (Barredo *et al*, 2004; Caruso, 2005; Li, Yang y Liu, 2008). Este punto convierte a los modelos basados en AC y en multiagentes en la vanguardia de la simulación de las dinámicas de crecimiento urbano (Benenson y Torrens, 2006).

Por este conjunto de razones se justifica la selección de los AC como instrumento de simulación. Gracias al empleo de esta herramienta el factor de vecindad se asegura como uno de los más importantes aspectos que explicarán el cambio, y a través de la inclusión de los de accesibilidad, la calificación del suelo y las pendientes se emplean los demás influyentes seleccionados. Tomando como base todos estos factores se ha planteado el diseño conceptual del modelo basado y su posterior implementación.

7.3.2 BASE CONCEPTUAL Y FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

Para abordar el diseño conceptual del modelo se ha recurrido a la estructura propuesta por White y Engelen (1993) y White *et al* (1997), la cual ha sido ampliamente utilizada en otros trabajos de simulación (Barredo *et al*, 2003a; Barredo *et al* 2004; Valenzuela, Aguilera, Soria y Molero, 2008) con resultados satisfactorios. Esta estructura consiste en un modelo que no es un autómatas celular en sentido estricto, sino que cuenta además con la inclusión de un parámetro de vecindad, otro de aptitud del territorio, y por último uno denominado de aleatoriedad (que estaría en relación con la dispersión/compacidad). De esta forma quedan incluidos los principales factores influyentes seleccionados en los análisis anteriores. Una breve descripción de estos parámetros en el modelo es la siguiente:

El factor de accesibilidad: tiene como objetivo reproducir en las simulaciones las relaciones entre el crecimiento de las zonas urbanas y las redes de transporte que lo soportan, las cuales han sido exploradas

⁶ En cualquier caso, ha sido necesario programar en el lenguaje propio del constructor de modelos de Idrisi Kilimanjaro.

⁷ Se trata de los primeros trabajos de simulación de crecimiento urbano con AC en el ámbito de las ciudades españolas

previamente en este trabajo (Capítulo 4 entre otros). En este sentido, la incorporación del factor de accesibilidad contribuye a reflejar los efectos de atracción de las nuevas zonas urbanas que las infraestructuras viarias generan.

El factor de aptitud del territorio: Que tiene como objetivo poner de manifiesto que el proceso de difusión del crecimiento de la ciudad, no es isotrópico (Santos, 1994) como es el caso de aquellos autómatas celulares estrictos, que existen en una malla isotrópica (caso de las celdas del *Game of Life* de Conway (1970) o de los seminales postulados de Christaller, (1933)), sino que existen diferencias en cuanto a pendientes, relieve, uso del suelo, etc, que facilitan o dificultan el desarrollo o crecimiento de la ciudad. Refleja pues la facilidad o dificultad que existe de forma intrínseca en el territorio para el cambio de estado de las celdas en las que se divide el mismo (Benenson y Torrens, 2006).

El factor de aleatoriedad o parámetro estocástico: introducido por White y Engelen (1993), y mantenido por la mayor parte de los trabajos de simulación herederos de estos. Este parámetro introduce en las simulaciones un efecto que trata de simular la aleatoriedad inherente a los sistemas sociales complejos, como son las ciudades (Batty y Xie, 1997), aportando un mayor o menor grado de dispersión a las simulaciones generadas. En este sentido, permite que en las simulaciones se produzcan cambios en la ocupación urbana en lugares que en principio, y teniendo en cuenta los otros factores, no serían los más favorables, como de hecho sucede en la realidad.

El factor de vecindad: que se trata del núcleo principal del modelo, y que se correspondería con la parte propia de Autómatas Celulares del mismo. Este parámetro recoge los efectos de atracción y repulsión que están presentes entre las distintas categorías de ocupación urbana

Estos cuatro factores se combinarán entre sí para generar un POTENCIAL DE TRANSICIÓN, que establecerá un valor de posibilidad o tendencia al cambio de las distintas áreas o píxeles, en función de los valores de dichos parámetros. A continuación empleando una REGLA DE DECISIÓN, se escogerán, en función de los valores del potencial de transición, las áreas o píxeles más proclives para el cambio. La aplicación de esta regla de decisión (tic) supone el cierre de un ciclo o iteración del modelo, el cual ha sido concebido para representar el proceso de cambio acontecido a lo largo de un año. Así, la finalización de una iteración del mismo es equivalente al proceso de crecimiento experimentado por la AUG a lo largo de todo un año. La Figura 7-5 muestra el proceso completo de una iteración del modelo.

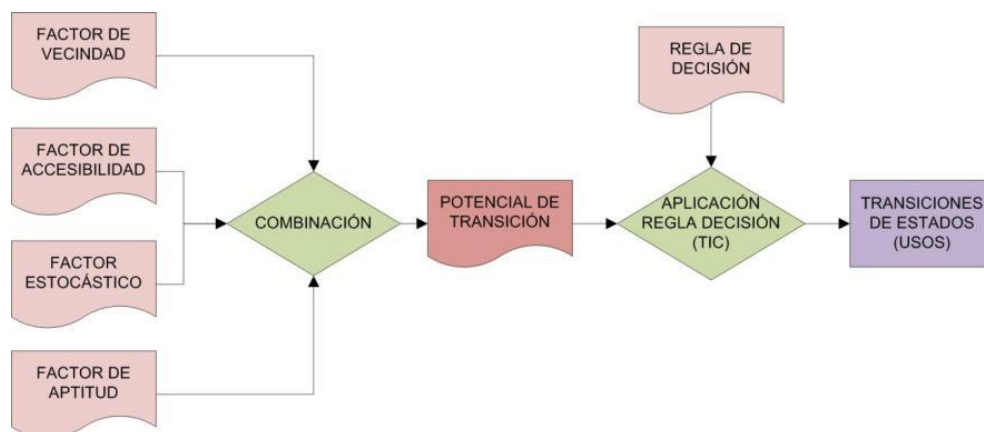


Figura 7-5: Esquema general del funcionamiento del modelo.

De una manera más formal, este potencial de cambio puede representarse matemáticamente como función de los anteriores factores:(Ecuación 7-2)

$$P_j = f(\text{aleatoriedad}, \text{accesibilidad}, \text{aptitud}, \text{vecindad})$$

Ecuación 7-2: Potencial de transición como función de los diferentes factores integrantes del modelo.

De acuerdo con la propuesta de White *et al* (1997), y las modificaciones realizadas en trabajos posteriores (Valenzuela, Aguilera, Soria y Molero, 2008) finalmente el potencial de transición se calcula como la siguiente función de los 4 parámetros señalados (Ecuación 7-3):

$$P_j = v \times s \times a_j \left(\sum_{k,i,d} m_{kd} \right)$$

Ecuación 7-3: Potencial de transición a partir de los factores integrantes del modelo

Donde:

P_j es el potencial de transición para cada celda del uso urbano j . Es el resultado de la combinación de los diversos factores para cada uso, de tal forma que se obtiene un potencial de transición para cada uno de los diferentes estados (categorías de leyenda) que el modelo emplea. En este caso únicamente se estimará para los USOS DINÁMICOS.

V es el factor de aleatoriedad o estocástico que introduce mayor o menor grado de dispersión.

S es el factor de aptitud para la ocupación urbana

A es el parámetro de accesibilidad

m_{kd} hace referencia a los valores de calibración del efecto de atracción y repulsión entre usos urbanos que constituirán el parámetro de vecindad.

Cada uno de estos parámetros, una vez obtenido, debe ser previamente normalizado a valores de 0 a 1, de tal forma que los valores de cada uno de ellos sean comparables y combinables entre sí. Este proceso de normalización se incluirá en el modelo como una operación más a realizar para cada uno de los factores implicados.

7.3.3 LOS COMPONENTES DEL MODELO

7.3.3.1 EL PARÁMETRO DE VECINDAD:

El primero de los parámetros necesarios para obtener el potencial de transición para los 4 usos dinámicos es el parámetro de vecindad, que es el que más se asemeja al concepto de autómatas celulares propiamente dicho (White y Engelen, 1997). Se trata de un espacio teselado constituido por una malla raster regular (O'Sullivan y Torrens, 2000), que para este trabajo se ha establecido en un tamaño de 50 × 50 metros, compuesto por 121 celdas (lo cual permite incrementar de forma importante el radio de influencia de cada celda con respecto a las 4 u 8 celdas de las vecindades clásicas de Von Neuman y Moore (Torrens, 2000))

La selección del tamaño de celda ha sido un importante factor en la implementación del modelo. En este caso, el tamaño de 50 m como ámbito de cada autómata ha sido seleccionado de acuerdo con el tamaño mínimo de los fragmentos urbanos vectorizados en el proceso de generación de la cartografía de la dinámica de evolución urbana, con el objetivo de mantener una buena resolución espacial que permitiese recoger con máximo detalle los cambios espaciales mostrados por las simulaciones. Así pues, un tamaño de celda mayor, habría provocado pérdida de parte de la información generada, mientras que

un tamaño de celda más bajo, habría incrementado de forma sustancial el tiempo necesario para el cálculo de las simulaciones, sin aportar una cantidad de información considerable⁸.

Por otra parte, un tamaño de celda más reducido habría afectado igualmente al tamaño de la vecindad a representar. A este respecto, se ha seleccionado una vecindad de 121 celdas (11x11), que de acuerdo con los 50 m de cada una, constituye una vecindad muy amplia de en torno a 1 km, que permite extender hasta esa distancia los efectos de influencia de unos fragmentos urbanos sobre otros. Este tamaño total de vecindad (número de celdas y tamaño de celda) guarda una relación aceptable con respecto a la presentada por otros trabajos de simulación existentes, que quedan recogidos en la Tabla 7-4. En ella, como se puede observar, el ámbito de la vecindad está muy relacionado con el tamaño del ámbito de trabajo, de tal forma que mayores ámbitos presentan vecindades mayores. Para el modelo elaborado, con el ámbito más pequeño en superficie de todos los presentados, se obtiene una vecindad por encima de 30 ha, aproximadamente la quinta parte de la empleada en ciudades como Dublín o Lagos, que representan unos superficies igualmente varias veces superiores a la de la AUG.

Por todo ello se ha considerado que 50 metros de tamaño de píxel combinado con una vecindad de 121 celdas, generaban un ámbito de la vecindad suficiente y aceptable para el ámbito de estudio, especialmente en relación con los trabajos explorados en la materia.

Autor	Ámbito	Factores del modelo	Tamaño de celda	Vecindad	Ámbito de la vecindad
White y Engelen (1997)	Cincinnati (USA)	Aptitud para cada categoría, accesibilidad, vecindad.	80 m	112 celdas	71,7 ha
White, et al (1997)	Isla de Santa Lucía	Aptitud para cada categoría, accesibilidad, vecindad, modelo económico-demográfico	250 m	112 celdas	700 ha
White y Engelen (2000)	Holanda	Aptitud para cada categoría, accesibilidad, vecindad, modelo económico-demográfico	500 m	196 celdas	4900 ha
Barredo et al (2003)	Área metropolitana de Dublín (Irlanda)	Aptitud para cada categoría, accesibilidad, vecindad, modelo económico-demográfico	100 m	172 celdas	172 ha
Barredo et al (2004)	Lagos (Nigeria)	Aptitud para cada categoría, accesibilidad, vecindad,	100 m	172 celdas	172 ha
Modelo desarrollado	Aglomeración Urbana de Granada	Aptitud, vecindad, accesibilidad y dispersión.	50 m	121 celdas	30,25 ha

Tabla 7-4: tamaño de celda y vecindad para diversos trabajos de modelización con AC

⁸ De acuerdo con el criterio de selección del tamaño de píxel de la mitad del tamaño de la Unidad Mínima Cartografiada (UMC), se podía haber seleccionado un tamaño de celda de unos 25 m, sin embargo, los tiempos de ejecución del modelo hacían aconsejable el incremento del tamaño de celda para agilizar las operaciones.

Establecidos los valores de vecindad, es necesario presentar el modo de cálculo de este parámetro. Para ello se recurre a la consideración de la vecindad de 121 celdas, como una ventana de 11x11 celdas similar a las ventanas móviles de filtro (Gutiérrez y Gould, 1994) ampliamente empleadas por los SIG y en el tratamiento de imágenes de satélite (Chuvienco, 2002)

Esta ventana de vecindad se comportaría de igual forma que una ventana de filtrado, moviéndose por todo el ámbito de trabajo, y obteniendo para cada celda sobre la que se coloca, un valor de vecindad en función de los distintos tipos de usos urbanos presentes en las 120 celdas adyacentes que componen la vecindad de dicha celda (Figura 7-6)

ALTA DENS	ALTA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	ALTA DENS	ESP LIBRE	ESP LIBRE	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	NO URBANO	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA
BAJA DENS	BAJA DENS	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA	RED VIARIA
RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	NO URBANO

ALTA DENS	ALTA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	ALTA DENS	ESP LIBRE	ESP LIBRE	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	NO URBANO	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA
BAJA DENS	BAJA DENS	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA	RED VIARIA
RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	NO URBANO

ALTA DENS	ALTA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	BAJA DENS	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	ALTA DENS	ESP LIBRE	ESP LIBRE	RED VIARIA
BAJA DENS	ALTA DENS	NO URBANO	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA
BAJA DENS	BAJA DENS	NO URBANO	NO URBANO	RED VIARIA	RED VIARIA
RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	RED VIARIA	NO URBANO

Figura 7-6: Funcionamiento de la ventana para el cálculo de la vecindad. Ejemplo de ventana de vecindad 3x3.

Se establece que los valores de vecindad obtenidos por la ventana móvil para cada celda, estarán en relación principalmente con dos factores: con el tipo de categorías presentes en la ventana de vecindad para cada celda (algunos usos actuarán como atractores y otros como repulsores de los distintos usos dinámicos); así como con la distancia a la que se encuentre cada una de esas categorías de la celda central.

En lo que se refiere al tipo de usos presentes en la vecindad, se puede señalar que cada categoría dinámica se encontrará atraída o repelida por cada una de las demás categorías de ocupación, en función de un conjunto de afinidades o compatibilidades entre los mismos. Así por ejemplo, en lo que se refiere a la ubicación de zonas residenciales de baja densidad, se puede afirmar que la presencia en su vecindad de múltiples zonas industriales, generará un efecto de repulsión, mientras que en cambio, el efecto será el contrario si se trata de la ubicación de nuevas zonas industriales.

Por su parte, el otro factor de influencia guarda relación con la distancia a la que los distintos usos (atractores o repulsores) se encuentren. Así pues, generalmente el efecto de atracción o repulsión que unos usos ejercerán sobre otros, decaerá con la distancia, lo que es conocido en la literatura bajo la denominación de "distance-decay effect" (Tobler, 1970) y que como se señala en White *et al.* (1997) aparece como un carácter común a la mayoría de las ciudades⁹.

Así pues, tratando de recoger estos dos factores fundamentales en la definición del comportamiento de la vecindad, es necesario asignar a la ventana de vecindad de 11x11 unos valores, que se denominarán valores de calibración, que representen estos comportamientos de atracción/repulsión y de cambio con la distancia. Estos valores han sido denominados como m_{kd} en la definición matemática del modelo (Ecuación 7-3)

⁹ En cualquier caso, este comportamiento es genérico, y no se cumple en todos los casos, porque es posible que determinados usos muestren un crecimiento en la atracción a partir de cierta distancia, como le puede ocurrir a los usos industriales, que pueden repeler a distancias cercanas a usos residenciales, y a distancias mayores pueden comenzar a atraerlos como centros de trabajo.

La asignación de estos valores de calibración se lleva a cabo a través de un proceso basado en pruebas ensayo-error, que permite modificarlos sucesivamente para adaptarlos hasta obtener simulaciones que cumplan con los objetivos deseados. En cualquier caso, algunos trabajos recientes (Straatman, White y Engelen, 2004) tratan de diseñar nuevos métodos de calibración que en lugar de ser “manuales” se sirvan de algoritmos que permitan una calibración automática que trate de optimizar unos resultados lo más similares a la realidad posible. Sin embargo, en este trabajo se ha recurrido a la calibración manual, especialmente con el objetivo de observar las variaciones en los resultados de las simulaciones generadas a través de los cambios introducidos en los valores de calibración, especialmente en lo que respecta a la generación de simulaciones que respondan a los diferentes patrones de ocupación urbana (Epígrafe 7.4.2)

Para realizar la calibración, se han establecido unos valores de calibración iniciales con los que comenzar el proceso de ensayo-error, los cuales, a través de la generación de diversas simulaciones han sido modificados para adecuarlos a los comportamientos de la ocupación urbana en el área de estudio, e ir obteniendo simulaciones más adecuadas a los objetivos de cada etapa de simulación.¹⁰

Estos valores deben establecerse para cada uso de los diferentes usos con respecto a los cuatro usos dinámicos, puesto que los efectos de atracción-repulsión cambian entre cada par de usos. La Tabla 7-5 muestra los valores de calibración iniciales para cada uso, que se emplearon para comenzar el proceso de calibración, y la variación con la distancia de dichos valores. Por otra parte, la distribución de las zonas de distancia en la ventana de vecindad queda reflejada en la Figura 7-7

		1	8	1	7	1	6	1	5	1	6	1	7	1	8					
		1	4	1	3	1	2	1	1	1	0	1	1	1	2	1	3	1	4	
		1	8	1	3	9	8	7	6	7	8	9	1	3	1	8				
		1	7	1	2	8	5	4	3	4	5	8	1	2	1	7				
		1	6	1	1	7	4	2	1	2	4	7	1	1	1	6				
		1	5	1	0	6	3	1	0	1	3	6	1	0	1	5				
		1	6	1	1	7	4	2	1	2	4	7	1	1	1	6				
		1	7	1	2	8	5	4	3	4	5	8	1	2	1	7				
		1	8	1	3	9	8	7	6	7	8	9	1	3	1	8				
		1	4	1	3	1	2	1	1	1	0	1	1	1	2	1	3	1	4	
		1	8	1	7	1	6	1	5	1	6	1	7	1	8					

Figura 7-7: Zonas de distancia en la ventana de vecindad o filtrado 11X11

¹⁰ Como se abordará más adelante, han sido generadas simulaciones a lo largo de diferentes etapas con distintos objetivos, lo que ha hecho necesarios diferentes procesos de calibración que se adaptasen a las necesidades de cada etapa (epígrafe 7.4)

Uso	Zonas de Distancia																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Comercial																		
Comercial	97	97	97	97	60	30	0	-20	-21	-20	-21	-20	-21	-20	-21	-20	-21	-20
Industrial	-30	-20	-10	-5	0	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Baja Dens	15	10	8	7	6	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Alta Dens	-30	-10	0	30	25	20	15	13	12	9	6	6	6	6	6	6	6	6
Esp.Libres	10	10	10	10	20	20	15	10	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipamt	20	15	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RedViaria	30	25	20	15	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Industrial																		
Comercial	-10	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	97	97	97	97	70	43	21	16	10	5	4	3	2	1	0	0	0	0
Baja Dens	0	0	2	5	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7
Alta Dens	0	0	2	5	6	7	6	7	6	7	6	7	5	2	1	0	0	0
Esp.Libres	-30	-20	-15	-10	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipamt	-20	-10	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RedViaria	25	20	15	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Baja Dens																		
Comercial	-30	-20	-5	0	20	17	15	12	9	6	5	6	5	6	5	6	5	6
Industrial	-40	-27	-16	-7	-3	0	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Baja Dens	70	60	47	35	21	17	14	12	10	11	10	11	10	11	10	11	10	11
Alta Dens	-10	-5	0	10	12	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Esp.Libre	40	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipamt	50	35	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
RedViaria	70	60	47	35	21	17	14	12	10	11	11	10	11	10	11	10	11	10
Alta Den																		
Comercial	-20	-16	-2	0	25	20	16	12	9	6	5	6	5	6	5	6	5	6
Industrial	-50	-30	-20	-10	-5	0	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Baja Dens	40	25	20	16	12	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Alta Dens	50	30	27	23	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5
Esp.Libre	60	45	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipamt	60	45	30	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5
RedViaria	50	30	27	23	20	14	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 7-5: Valores de calibración iniciales para desarrollar el comienzo de las simulaciones.

A partir de los valores de calibración y la ventana de vecindad, el modelo genera un valor de de vecindad para cada uno de los usos dinámicos. Para poder obtener dicho valor para cada uno de dichos usos, el modelo opera de la siguiente forma: (Figura 7-8)

En primer lugar, y para cada uno de los cuatro usos dinámicos, el modelo recibe los distintos usos urbanos separados en distintas capas binarias que contienen la ocupación de un único uso. Sobre cada una de estas capas binarias se aplica el filtro de ventana móvil con los valores de calibración establecidos (valores de la Tabla 7-5 y las sucesivas modificaciones de la misma) generándose una capa de atracción de ese uso con respecto al uso dinámico objetivo. Esta capa representa el efecto de atracción/repulsión que cada uso genera sobre el uso dinámico en cuestión. Posteriormente, la combinación (suma) de todas las capas de atracción/repulsión da lugar al parámetro de vecindad para el uso dinámico.

Así pues, este proceso de estimación del efecto de vecindad debe repetirse para cada uno de los cuatro usos dinámicos, de tal forma que el modelo mostrará 4 bloques semejantes al mostrado por Figura 7-8, que posteriormente deberán combinarse con los demás parámetros que forman parte del modelo.

CÁLCULO DEL FACTOR VECINDAD PARA EL SUELO RESIDENCIAL DE BAJA DENSIDAD



Figura 7-8: Esquema conceptual de la obtención del valor del parámetro de vecindad para uno de los 4 usos dinámicos.

7.3.3.2 EL PARÁMETRO DE ACCESIBILIDAD

El parámetro de accesibilidad por su parte, como segundo de los factores que componen el modelo, tiene como objetivo incluir la relación entre la ocupación urbana y la red de infraestructuras viarias metropolitanas. Para ello, de las dos variables exploradas en el análisis de correlación (epígrafe 7.2.1) en relación con la accesibilidad - la distancia euclidiana a elementos de la red viaria, y el tiempo de acceso a los núcleos de la AUG- se ha seleccionado la primera como factor de accesibilidad. Esta selección, puesto que ambas variables mostraban prácticamente idéntico grado de correlación, se ha debido principalmente a que el empleo de la variable de accesibilidad a núcleos urbanos supondría un favorecimiento de la contigüidad (tendrían más accesibilidad aquellas zonas más cercanas a los núcleos urbanos), la cual ya está contemplada en el parámetro de vecindad. Otro argumento favorable al empleo de la distancia a las vías de comunicación lo constituye el hecho de que en los distintos trabajos de aplicación de modelos similares al aquí presentado (Tabla 7-4) se emplea generalmente como factor de accesibilidad la distancia a la red de carreteras (en algunos casos ponderada por el rango de la vía).

Así pues, este parámetro ha quedado constituido como la distancia euclidiana a los elementos que constituyen la red viaria de la AUG. Estos elementos han sido diferentes en función del tipo de uso para el que se ha calculado el parámetro. De esta forma, el uso comercial ha tomado como elementos de la red viaria los principales nodos de la red viaria (nodos seleccionados en el capítulo 4 para el cálculo de

los valores de carga y saturación metropolitana) por su mayor tendencia a la formación de crecimientos de acuerdo con el patrón nodal y para el resto los usos industriales y residenciales se han tomado las principales infraestructuras lineales de la AUG.

Para obtener el parámetro de accesibilidad únicamente se ha realizado un análisis de distancia mediante el software Idrisi Kilimanjaro, que ha permitido la obtención de un mapa de distancias a los elementos de la red viaria seleccionados, bien sean los nodos, o las infraestructuras lineales (Figura 7-9)

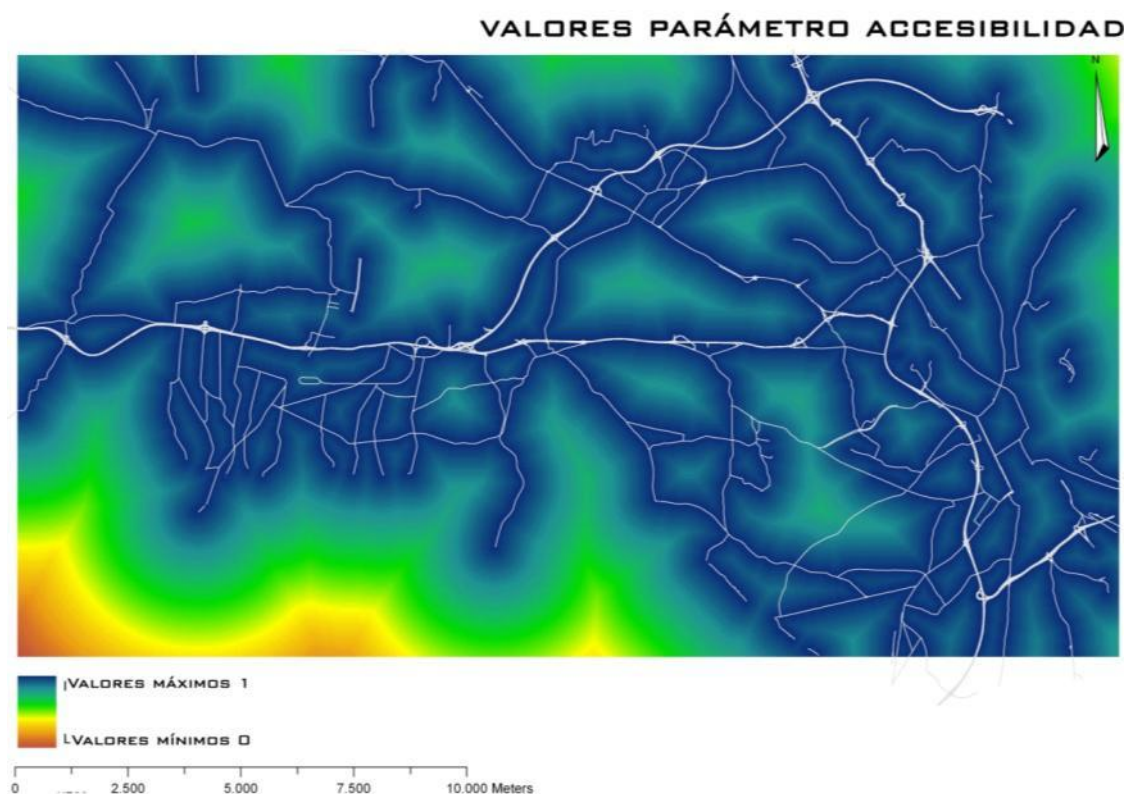


Figura 7-9: Distancia a la red viaria para la generación de las simulaciones futuras (tomando como base el año 2004)

7.3.3.3 EL PARÁMETRO DE APTITUD

El tercer parámetro, hace referencia a la de aptitud del territorio para acoger los crecimientos de los diferentes usos urbanos. Su implementación ha sido la más fácil de llevar a cabo en el constructor de modelos de Idrisi, de los cuatro parámetros que lo componen.

El parámetro introduce un factor de anisotropía en el territorio de tal forma que, en función de ciertas características físicas o administrativas, diferencia la aptitud de los distintos píxeles que componen el ámbito de trabajo para convertirse en nuevas zonas urbanas. Este parámetro distingue, junto con el factor de accesibilidad y de aleatoriedad, a los modelos de autómatas celulares estrictos de los modelos basados en AC.

De acuerdo con los análisis de la correlación de factores territoriales con los procesos de crecimiento urbano (epígrafe 7.2.1.2), se han seleccionado como variables a incluir en este parámetro de aptitud tanto las pendientes, así como las zonas urbanizables. Por una parte, los valores de pendientes permiten delimitar aquellas zonas en las cuales el desarrollo de áreas urbanas se ven condicionado por topografía abrupta, mientras que la calificación de suelo prevista en el POTAUG servirá como elemento que condiciona los crecimientos en función de su calificación administrativa.

Para poder obtener el parámetro de aptitud, ambas variables (pendientes y suelo urbanizable) han sido representadas en valores de 0 a 1, de acuerdo con su valor de aptitud. Así pues, para el caso de las pendientes, aquellas más altas reciben valores de 0, mientras que las más bajas valores de 1; a la vez que para el caso de las zonas urbanizables se representaban con valor 1 las zonas urbanizables, y con valor 0 las no urbanizables.

Finalmente, como combinación lineal de las mismas, se ha obtenido este parámetro de aptitud territorial para el desarrollo urbano.

7.3.3.4 EL PARÁMETRO ESTOCÁSTICO O DE ALEATORIEDAD

El parámetro estocástico o de aleatoriedad, constituye el último de los parámetros que conforman el modelo conceptual presentado anteriormente. El objetivo de este parámetro es introducir en los resultados de las simulaciones un grado de dispersión "real", similar al que caracteriza, en cierta medida, a la distribución y cambio de los procesos espaciales urbanos (Batty y Xie, 1997), y que guardaría relación con el grado de dispersión/concentración urbana que los diferentes crecimientos presentan.

Siguiendo el esquema para su cálculo propuesto por White *et al* (1997), se puede obtener de acuerdo con la Ecuación 7-4:

$$v = 1 + (\ln(rand))^\alpha$$

Ecuación 7-4: Parámetro de aleatoriedad

Donde

rand es un número aleatorio entre 0 y 1

α es un parámetro que nos permite ajustar el grado de perturbación (o de dispersión) que será introducido por el parámetro estocástico o de aleatoriedad. En las primeras etapas de desarrollo del modelo, este parámetro ha sido ajustado en un principio a los valores de la dimensión radial (la pendiente de la relación entre el tamaño de un objeto y su diámetro), calculada para el ámbito de estudio (Figura 7-10); de una forma similar a los ajustes empleados por Barredo *et al* (2003a) para el caso de Dublín en Irlanda; con un valor de 0,6.

Sin embargo, este valor ha sido modificado a la vista de los resultados de las simulaciones obtenidas quedando establecido para el primer bloque de simulaciones en valores de 0,3 que permitían un mayor grado de similitud en las simulaciones generadas con la evolución mostrada en la ocupación urbana.

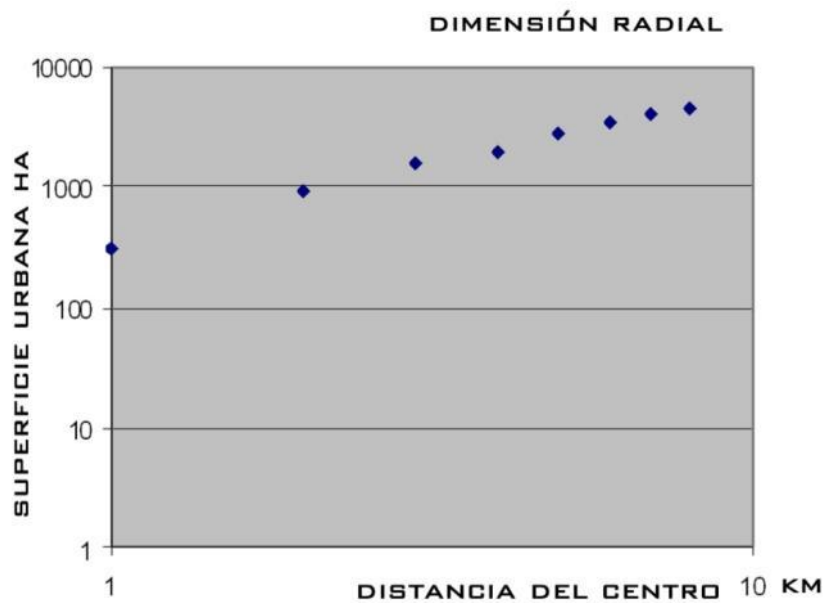


Figura 7-10 Obtención de la dimensión radial para el ámbito de estudio.

7.3.4 IMPLEMENTACIÓN

Una vez presentados los distintos parámetros o factores que componen de forma conceptual el modelo de simulación propuesto, ha sido necesario llevar a cabo su implementación en el software SIG IDRISI Kilimanjaro, con el objeto de hacerlo operativo. La herramienta necesaria para la implementación ha sido el constructor de modelos incluido en dicho software y denominado MACRO MODELER (Clark Labs, 2003), en el que, empleando herramientas de programación propias del software y comandos SIG del mismo, ha sido desarrollado. La Figura 7-11 muestra de forma esquemática el conjunto de operaciones necesarias para la articulación del modelo. En cualquier caso, muchas de estas operaciones han requerido de múltiples operadores o comandos propios del software para poder ser realizadas.

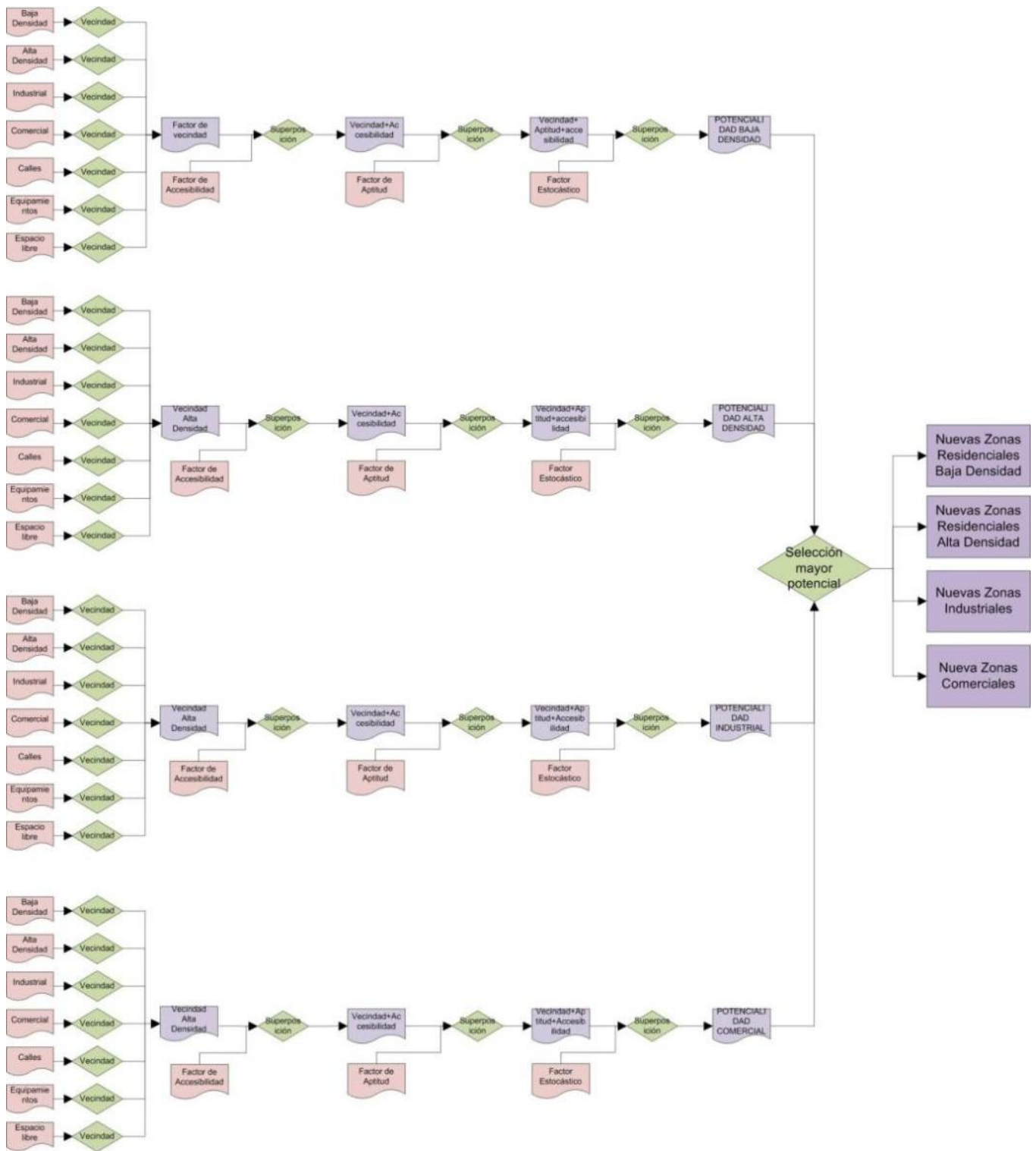


Figura 7-11 Esquema conceptual de la implementación del modelo de simulación en el constructor de modelos de IDRISI.

Como se puede observar, el modelo consta de diversos “bloques” o grupos de operaciones diferenciados. En un primer lugar, existen 4 bloques claramente diferenciados, que tienen como objetivo la determinación de los potenciales de transición para cada uno de los 4 usos dinámicos. Estos bloques, que cuentan cada uno con sus parámetros de accesibilidad, vecindad, aptitud y aleatoriedad, son idénticos entre sí, en el sentido de que los comandos u operaciones que lo integran son los mismos, aunque obviamente los valores de calibración o vecindad son diferentes, al reflejar interacciones entre

diferentes usos urbanos. Así pues, como resultado de estos 4 bloques, cada píxel *ij* mostrará 4 diferentes potenciales de transición, uno para cada uno de los usos dinámicos.

Finalmente, además de los cuatro bloques señalados, existe un último bloque de vital importancia, que es el de aplicación de la REGLA DE DECISIÓN, que asigna a cada píxel aquel uso para el que presenta mayor potencialidad, y tras esto selecciona los de mayor potencial, que constituirán los crecimientos asignados por el modelo en una iteración del mismo, que conceptualmente se había identificado anteriormente con un período de tiempo de un año.

Estas nuevas zonas urbanas seleccionadas se incorporan posteriormente a la capa que contenía la ocupación urbana del uso correspondiente, de tal forma que la siguiente iteración del modelo incorpora como parte de los datos de partida los resultados de la anterior. De esta forma se consigue que los cambios introducidos en cada iteración influyan en los cambios que tienen lugar en la siguiente, contribuyendo a la generación de simulaciones de una mayor complejidad.

De acuerdo con este proceso descrito, resulta fundamental el método de selección del número de píxeles que se son seleccionados para su transformación en cada iteración. En este sentido, el modelo implementado, únicamente es capaz de seleccionar en cada iteración aquellos píxeles con mayor potencialidad de entre el total, pero no es capaz de estimar la cantidad de píxeles que cambian en cada iteración, que debe ser generada de forma externa al modelo. En otros trabajos (Engelen *et al*, 1995; White y Engelen, 2000; Barredo *et al* 2003b), la determinación de las "demandas" de cambio para cada uso son generadas a través de otros modelos socio-económicos externos vinculados al de autómatas celulares, que operan a una escala más regional, y que en función de un conjunto de parámetros económicos, demográficos, etc, estiman unas demandas de suelo para cada iteración, que posteriormente son seleccionadas por el modelo basado en AC.

Sin embargo, en el modelo aquí presentado, las demandas de suelo anuales (es decir, para cada iteración) globales se han establecido de forma manual¹¹ de acuerdo con unas tasas de crecimiento fijadas para ello. Estas tasas de cambio han sido diferentes en función de las distintas simulaciones generadas, como se detallará para cada una de ellas.

7.3.4.1 LOS COMANDOS EMPLEADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL POTENCIAL DE TRANSICIÓN

La implementación conceptual planteada anteriormente (Figura 7-11) requiere de la selección del conjunto de comandos y operaciones propios del software IDRISI, para poder ser llevada a cabo. En este epígrafe se describe la implementación de los diferentes comandos necesarios para el funcionamiento de los 4 factores que constituyen el potencial de transición, esto es, vecindad, accesibilidad, aptitud y aleatoriedad que constituyen los 4 primeros bloques del modelo.

En lo que respecta al factor de vecindad, ha sido implementado fundamentalmente a través de la herramienta FILTER, que permite la aplicación de los valores de calibración tal y como si de un filtro de análisis raster se tratase. Se aplica pues un comando de filtrado con unos valores diferentes para cada una

¹¹ El excesivo trabajo necesario para la implementación de un modelo subregional de modelización de las demandas de suelo, así como la cantidad de conocimientos en materia económica, demográfica, etc, necesarios, han motivado que la elaboración de dicho modelo socio-económico quede fuera del marco de este trabajo. No obstante, la posibilidad de asignar diferentes valores de demandas anuales de ocupación en función del tipo de simulación o escenario a generar, permite reflejar diversas dinámicas o tendencias que se pretendan plasmar.

de las distintas combinaciones de usos urbanos, que calcularán el valor de atracción que cada uso ejerce sobre cada uno de los cuatro usos dinámicos.

En este sentido, la Figura 7-12 muestra el grupo de operaciones en el MACRO MODELER de Idrisi para la obtención de la vecindad a través de la operación de filtrado. Posteriormente los resultados del filtro para cada uso, que constituirán los valores de atracción generados por cada uso, se suman para dar lugar al parámetro de vecindad para el uso dinámico en cuestión. Este bloque se repite en cuatro ocasiones (una en cada uno de los cuatro primeros bloques) para obtener el valor de vecindad para cada uno de los usos dinámicos.

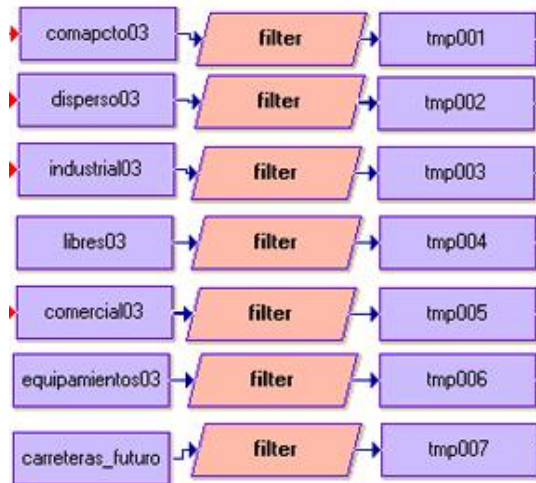


Figura 7-12: Comandos de filtrado para el cálculo de la atracción/repulsión de los diferentes usos

Por su parte, los factores de aptitud y de accesibilidad únicamente están formados por una capa de información, que únicamente requiere de su inclusión en el modelo, sin requerir ningún tipo de nuevas operaciones a integrar en el modelo.

En lo que respecta a la generación del factor o parámetro de aleatoriedad, éste sí ha requerido para su generación de un conjunto de operaciones, que quedan reflejadas en la Figura 7-13. Estas consisten en la generación de una capa con valores aleatorios entre 0 y 1 (comando RANDOM) que se elevan al valor de alfa, como parámetro que controla el grado de aleatoriedad, para obtener finalmente el valor del factor total.

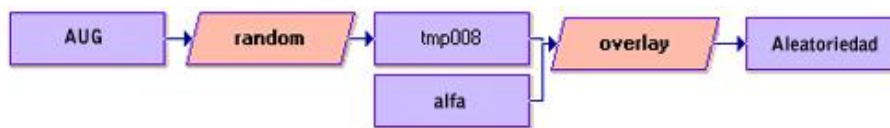


Figura 7-13: Comandos y operaciones para la obtención del parámetro de aleatoriedad.

Finalmente, el cálculo del potencial de transición para cada uno de los usos dinámicos, requiere de la combinación de los diferentes parámetros, la cual se consigue a partir del siguiente grupo de comandos recogido en la Figura 7-14. De esta forma se obtienen los potenciales de transición para cada uno de los usos dinámicos, completando los cuatro primeros bloques.

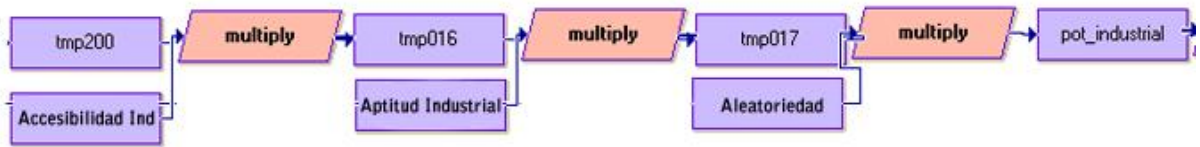


Figura 7-14: Operaciones necesarias para obtener el potencial de transición para un uso dinámico a partir de la combinación de los diferentes parámetros.

7.3.4.2 LOS COMANDOS EMPLEADOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS PÍXELES CANDIDATOS PARA SU TRANSFORMACIÓN.

El quinto bloque del modelo consiste, como anteriormente se ha señalado, en la selección de la cantidad de píxeles candidatos para su transformación, en función de los valores de transición que presentan para cada uno de los usos dinámicos. Para ello, ha sido necesario generar un bloque con un conjunto de operaciones, que permite la identificación de los valores más altos de potencialidad de entre los distintos usos (Figura 7-15) y su posterior clasificación en valores de mayor a menor potencial de transición. Para ello se ha empleado el comando MAX que permite seleccionar los valores máximos de capas 2 a 2. Posteriormente los valores máximos son ordenados de mayor a menor mediante el comando RANK y seleccionados a través del comando RECLASS en la cantidad establecida de acuerdo con las demandas establecidas como entrada del modelo.

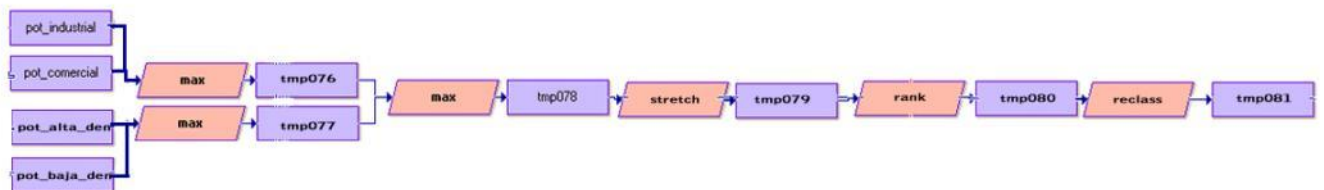


Figura 7-15: Selección de los píxeles con el valor más alto

Finalmente, estos píxeles son asignados a la categoría de ocupación a la que pertenecen y se suman a las capas de cada uso correspondiente, para formar parte de los valores de entrada de una nueva iteración y de esta forma cerrar el proceso que tiene lugar a lo largo de cada iteración del modelo. La Figura 7-16 muestra una imagen completa del conjunto de operaciones que constituyen el modelo implementado en el MACRO MODELER de Idrisi. En ella se han señalado los 4 bloques que llevan a cabo el cálculo de la potencialidad para cada uno de los usos dinámicos, así como el bloque de selección y asignación de los píxeles de mayor potencial al uso correspondiente.

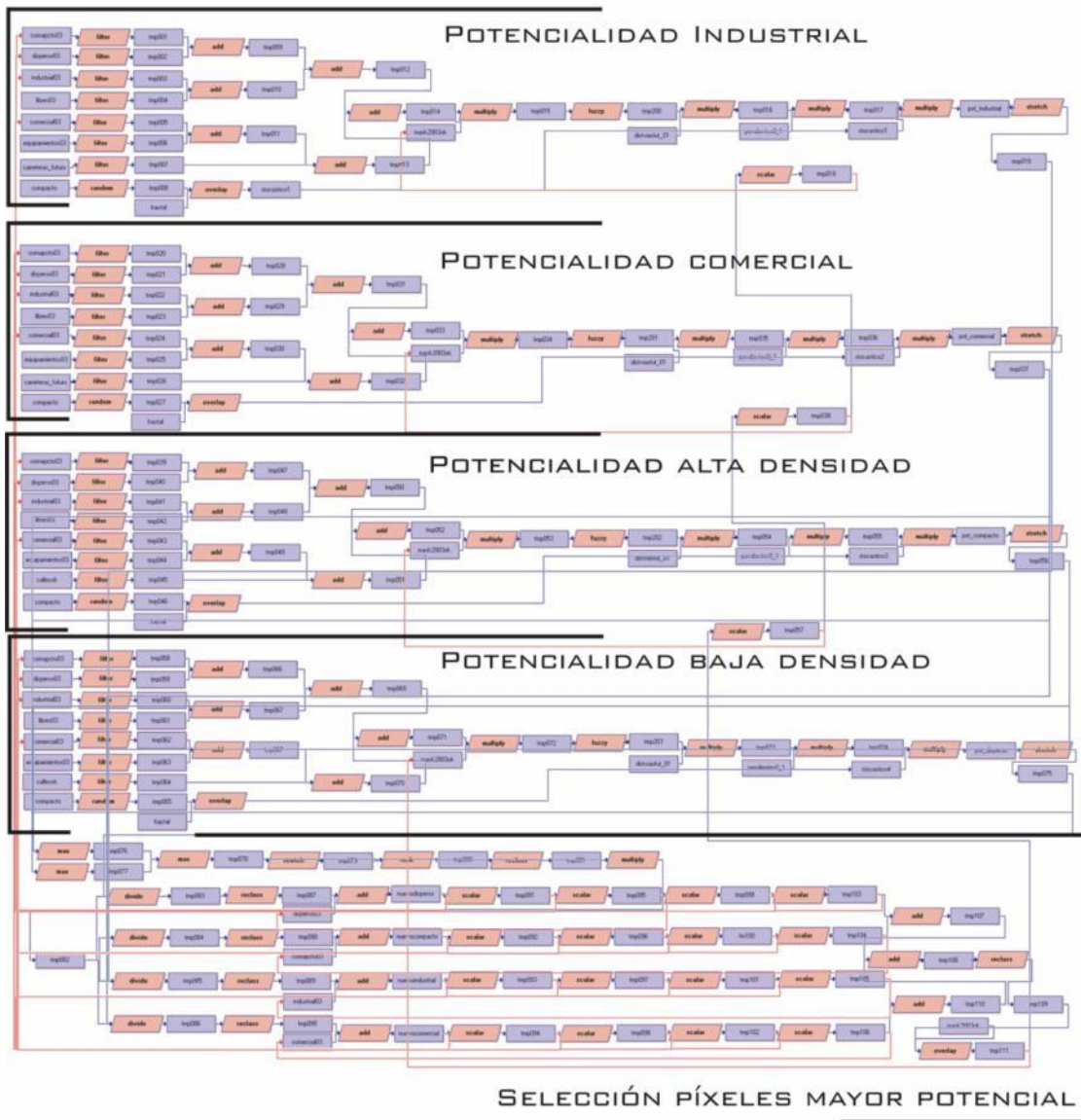


Figura 7-16: Modelo implementado en el constructor de modelos MACRO MODELER de IDRISI.

7.4 LA GENERACIÓN DE SIMULACIONES EMPLEANDO EL MODELO BASADO EN AC.

Una vez implementado el modelo, en el presente epígrafe se aborda la generación de las distintas simulaciones que se han obtenido en el trabajo. Estas simulaciones pueden ser agrupadas en tres etapas, las cuales que puede ser observadas en la Figura 7-17.

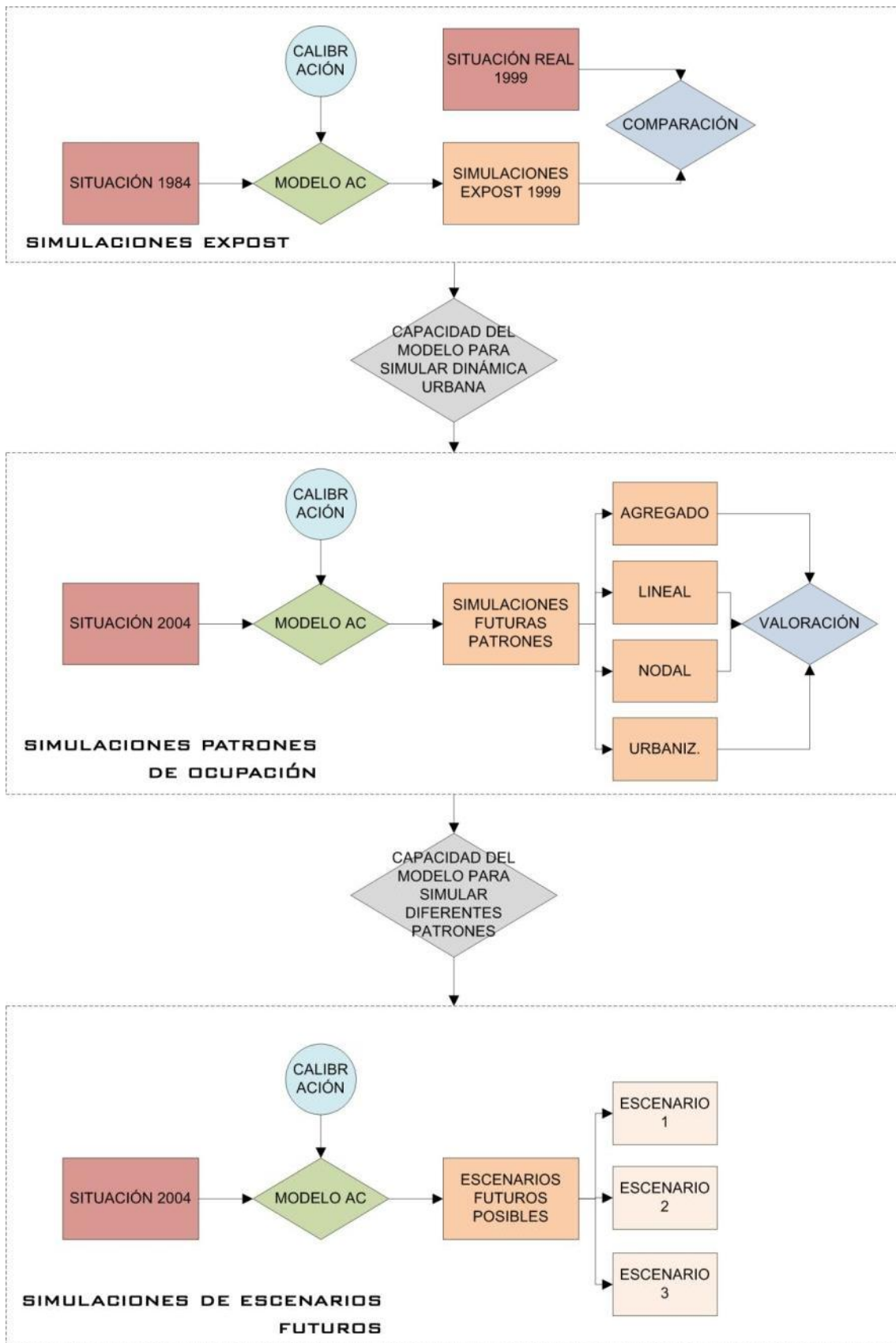


Figura 7-17: Etapas de simulación abordadas en el trabajo.

La primera etapa, denominada de simulaciones *expost*, se corresponde con la simulación de una hipotética situación en 1999 empleando para ello como punto de partida la cartografía de ocupación urbana existente para el año 1984, de tal modo que los resultados de esta simulación pueden ser comparados con la situación real cartografiada para 1999. De esta forma, se pretende mostrar la capacidad del modelo para simular de forma realista las dinámicas de ocupación urbana pasadas.

La segunda etapa de simulaciones, denominada de simulación de los patrones de ocupación, tiene como objetivo testear y probar la capacidad del modelo para mostrar diferentes patrones de ocupación urbana a través del empleo de diferentes valores de calibración. Así pues se plantea la generación de cuatro simulaciones futuras tomando como base la cartografía de 2004, en las que cada una de ellas representa el crecimiento de los cuatro usos dinámicos de acuerdo con cada uno de los cuatro patrones de crecimiento.

Finalmente la tercera etapa de simulaciones se ha denominado de simulación de escenarios futuros posibles y tiene como objetivo, una vez mostrada la capacidad del modelo para reproducir los diferentes patrones de ocupación, elaborar un conjunto de simulaciones que muestren posibles escenarios futuros de tendencia de la AUG (Ravetz, 2000; Luca, 2007). Estos escenarios mostrarán diferentes posibilidades de evolución de la ocupación urbana atendiendo a múltiples combinaciones de usos y patrones. En este sentido los trabajos de Luca (2007) en la ciudad de Turín, a través del planteamiento de diferentes escenarios que muestren diferentes formas e intensidades de crecimiento (Figura 7-18), como instrumentos para orientar en la toma de decisiones, suponen un antecedente y referencia fundamental para este trabajo.

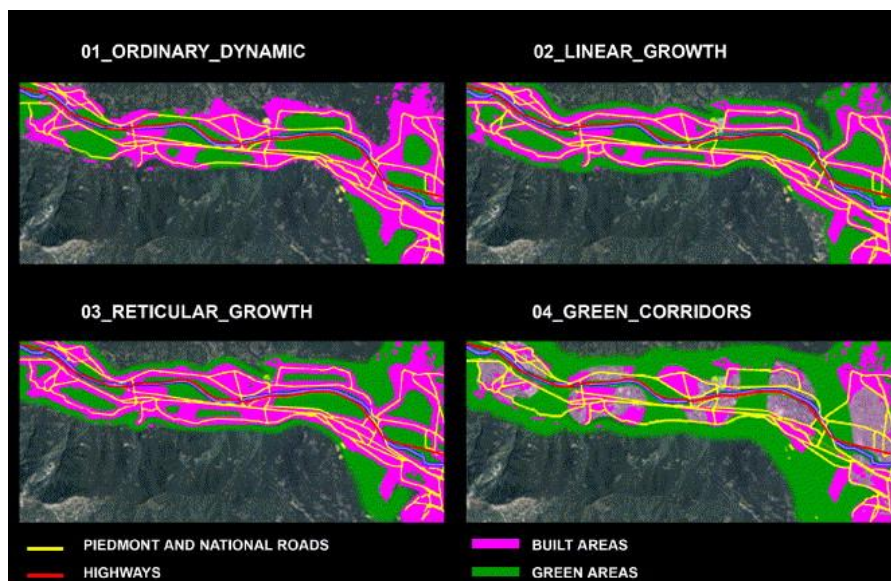


Figura 7-18: Diferentes escenarios futuros de crecimiento urbano para la ciudad de Turín (Fuente: Luca, 2007)

7.4.1 SIMULACIONES EXPOST PARA 1999 A PARTIR DE LA OCUPACIÓN URBANA DE 1984.

La primera etapa de simulación que se ha abordado se corresponde con la generación de simulaciones *expost* para una hipotética situación existente en 1999, generada por el modelo a partir de la cartografía de ocupación urbana de 1984 (los factores empleados por el modelo están referidos a estas fechas). Como se ha señalado anteriormente, estas simulaciones *expost* permitirán llevar a cabo la calibración y

testeo de la capacidad del modelo para la simulación de dinámicas urbanas, como paso previo a su posterior aplicación en las etapas sucesivas planteadas.

Para ello en primer lugar ha sido necesario introducir los valores de ocupación urbana de 1984 como valores de "entrada" del modelo, para a continuación plantear el proceso de calibración de los valores de vecindad iniciales mostrados anteriormente en la Tabla 7-5, hasta la obtención de unos valores de vecindad que permitan simular de forma realista la dinámica urbana experimentada en el período 84-99.

Este proceso de calibración ha consistido en la generación de simulaciones empleando los valores iniciales de calibración, y su posterior modificación para tratar de ajustar los resultados de la simulación a la realidad existente en 1999. Se trata así de un proceso de simulación-calibración que se retroalimenta, de tal modo que en función de los resultados obtenidos se han ido ajustando los valores de calibración para asemejar el resultado final lo más posible a la imagen de la situación real en 1999.

Tras las primeras simulaciones generadas, los ajustes introducidos en los valores de calibración iniciales de la Tabla 7-5 han tendido a:

- Disminuir los valores de vecindad para los efectos de atracción sobre el suelo comercial, puesto que en las primeras simulaciones era generado un exceso del mismo.
- Incrementar los valores de atracción para el suelo residencial compacto, puesto que su comportamiento para el período contemplado es tendente al crecimiento por agregación a partir de zonas compactas ya consolidadas, cosa que no ocurría en las primeras simulaciones.
- Disminuir los valores de atracción del suelo residencial disperso sobre el compacto, puesto que no se suelen generar zonas residenciales compactas a partir de dispersas, al menos para el período contemplado.
- Incrementar el efecto de atracción de la red viaria sobre el suelo industrial, puesto que para el período 84-99 ha existido un fuerte desarrollo de zonas industriales (muchas de ellas de pequeña superficie) en las cercanías de las principales vías de la red de carreteras.
- Disminuir el efecto de agregación de las zonas industriales, para tratar de mostrar ese mayor efecto de dispersión sobre el territorio que muestran para el período contemplado.

A partir de estas directrices se han generado unas simulaciones aceptables de la situación existente en 1999 a partir de la cartografía de 1984. La Figura 7-19 muestra la situación existente en 1984 así como los resultados de la simulación y la situación real en 1999.

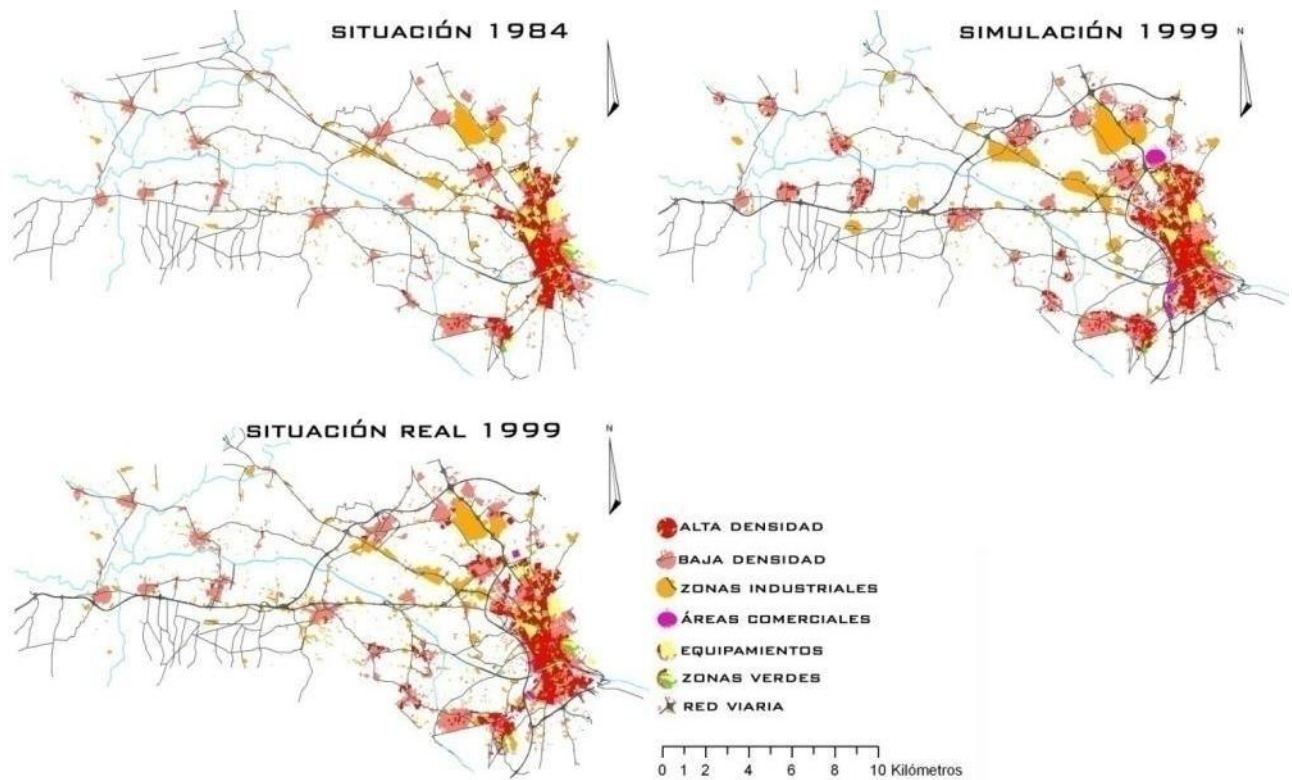


Figura 7-19: Simulación *expost* para 1999, junto con la situación real para ese año y los datos de partida.

De los métodos empleados por White *et al.* (1997), Barredo *et al.* (2003a) y Aguilera (2006) entre otros, para la comparación de los resultados de la simulación y la situación real (comparación visual, matrices de comparación por pares y medidas del patrón espacial), en el caso de las simulaciones *expost* únicamente se han realizado tanto la comparación visual, como a través de matrices de comparación por pares, de tal forma que las medidas del patrón espacial se aplicarán en la valoración de los escenarios futuros en el capítulo 8.

En lo que respecta a la comparación visual, se puede afirmar a la vista de la figura, que para el caso de los usos dinámicos existe una semejanza interesante entre la simulación para 1999 y la situación real, aunque por otra parte aparecen errores apreciables especialmente en lo que respecta a los crecimientos industriales (en tonos naranja). El crecimiento de este uso se caracteriza por una menor agregación que la simulada por el modelo, lo que revela la necesidad de variar los pesos de atracción del suelo industrial sobre sí mismo, para evitar dicho efecto de agregación en el caso de querer profundizar en la obtención de simulaciones lo más realistas posibles. Para los usos comerciales (en azul) encontramos un patrón de crecimiento similar al real, con su ubicación en los lugares cercanos a los nodos de la red viaria, en los bordes de las zonas urbanas, aunque el modelo parece sobreestimar las superficies para este uso. Finalmente, en el caso de los usos residenciales, su patrones espaciales parece ser bastante acertado, aunque aparecen demasiadas zonas residenciales compactas (rojo intenso) en aquellos núcleos más alejados de la ciudad de Granada.

En lo que respecta a la comparación realizada a través de las matrices de comparación para la simulación y la situación existente, la Figura 7-20 muestra sus resultados, mientras que la Tabla 7-6 recoge los valores del índice kappa¹² para cada una de las categorías de usos dinámicos.

¹² El índice kappa es una medida de concordancia para variables cualitativas, con el que se mide el grado de acuerdo entre dos variables, propuesto por Cohen en 1960 y modificado por Fleiss (1981). Cuanto más cercanos sean los valores a 1, mayor será el

Cross-tabulation of simulaci3n 99 (columns) against situaci3n_real99 (rows)

	No Urbano	Alta Dens	Baja Dens	Zonas V	Equipamien	Comercia	Industrial	Total
No Urbano	109139	1123	1148	0	0	260	1409	113079
Alta Dens	1682	5266	237	0	0	15	5	7205
Baja Dens	681	284	3063	0	0	6	8	4042
Zonas Ver	0	9	3	437	0	0	0	449
Equipamien	0	0	3	1	1282	0	0	1286
Comercial	36	16	10	0	5	91	0	158
Industrial	1306	54	13	1	5	1	2964	4344
Total	112844	6752	4477	439	1292	373	4386	130563

Chi Square = 470672.96875
df = 36
Cramer's V = 0.7751
overall Kappa = 0.7412

Figura 7-20: Tabulaci3n cruzada para la simulaci3n realizada (columnas) y la situaci3n real (filas) en 1999.

Uso dinámico	Kappa Index
Alta densidad	0.7492
Baja densidad	0.7162
Industrial	0.6713
Comercial	0.5747

Tabla 7-6: Valores del índice Kappa por usos

Los valores más altos de correspondencia, como se desprende de la Tabla 7-6 y la Figura 7-20, son los del uso residencial de alta densidad, que se sitúan prácticamente en el 75 % de correspondencia, mientras que el resto de usos dinámicos presenta valores más bajos, que en el caso del uso comercial se encuentran por debajo del 60 %. De esta forma se muestra un kappa global de 0.74, similar al obtenido en otras aplicaciones de modelos basados en AC del mismo tipo (White y Engelen, 1997; Barredo *et al*, 2004). En cualquier caso los valores no son especialmente elevados, aunque sí son significativos de la capacidad del modelo para representar las tendencias del crecimiento en la AUG, lo que supone ya de por sí importante aportaci3n, más si se tiene en cuenta la inexistencia de trabajos en este contexto para las regiones urbanas españolas.

En cualquier caso, un nuevo proceso de generaci3n de nuevas simulaciones y sucesivas calibraciones del modelo, probablemente permitiría avanzar en la obtenci3n de unos resultados de correspondencia más altos. Sin embargo, puesto que no es el objetivo de este trabajo la obtenci3n del modelo más exacto posible en la simulaci3n de dinámicas pasadas, sino el generar escenarios futuros posibles una vez demostrada su capacidad para representar los cambios urbanos, se ha optado por avanzar en la exploraci3n de la capacidad del modelo para representar patrones concretos de ocupaci3n urbana, asumiendo una capacidad de simulaci3n de dinámicas urbanas, de acuerdo con los aceptables valores mostrados anteriormente.

grado de concordancia. Generalmente se suele aceptar que valores de 0,4 a 0,6 muestran concordancia moderada; 0,6 a 0,8 muestran una buena concordancia; y 0,8 a 1 suponen una concordancia muy buena.

7.4.2 ELABORACIÓN DE SIMULACIONES FUTURAS DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN.

Para ahondar en las capacidades de representaciones de patrones y dinámicas de la ocupación urbana, en este epígrafe se plantea la segunda etapa del proceso de generación de simulaciones, consistente en la generación de simulaciones futuras de ocupación urbana que muestren los diversos patrones de ocupación descritos en el Capítulo 5, a partir de la cartografía de ocupación de 2004. De esta forma se pretende mostrar la capacidad del modelo para adaptarse a la representación de los diferentes patrones de ocupación, a través de cambios en los valores de vecindad y calibración del modelo.

Se ha planteado la generación de cuatro simulaciones, de tal forma que cada uno de ellas represente los crecimientos de los distintos usos dinámicos de acuerdo con un único patrón de ocupación. De esta forma se han generado una simulación de acuerdo con el patrón de crecimiento lineal, de crecimiento agregado, de crecimiento en urbanizaciones y de crecimiento nodal.

Estas simulaciones no pueden ser consideradas como escenarios *posibles* que puedan tener lugar, puesto que cualquier escenario que pudiera concebirse mostraría distintas conjunciones de patrones espaciales para los distintos usos dinámicos; mientras que estas simulaciones suponen el mismo comportamiento espacial para todos los usos en cada simulación. Sin embargo, su generación supone una aproximación a la capacidad del modelo para representar los diferentes patrones de ocupación, como paso previo a la implementación en la siguiente etapa de los escenarios posibles que combinen distintos comportamientos espaciales.

En cualquier caso, para poder realizar la generación de las simulaciones de los patrones de ocupación, ha sido necesario en primer lugar diseñar un horizonte futuro para el que generar las simulaciones, así como fijar unos valores de tasa de crecimiento urbano anual, dato que debía ser aportado al modelo como parámetro externo. En esta aproximación se ha optado por generar unas simulaciones que toman como horizonte el año 2020 y unas tasas de crecimiento anual de ocupación de suelo similares a las experimentadas en los últimos 15 años en la AUG (85 ha/año), de tal forma que exista un periodo de tiempo así como una tasa de crecimiento lo suficientemente amplio para detectar la representación de los patrones espaciales que se pretende el modelo consiga.

Establecidos estos factores, el punto crítico de la generación de las simulaciones de los patrones de ocupación espacial es sin duda la calibración de los parámetros de vecindad, que ha tenido lugar mediante el proceso de ensayo error anteriormente expuesto. Al simular 4 patrones diferentes han sido necesarios cuatro procesos de calibración, mostrando los resultados de los mismos importantes cambios en los valores de vecindad para cada uno de los usos y patrones, con unos valores muy diferentes entre sí.

En este sentido, la Tabla 7-7 muestra los valores de calibración para uno de los cuatro uso dinámicos¹³, de forma específica para el uso residencial de baja densidad, asignados de acuerdo con cada uno de los 4 patrones de ocupación. Las diferencias en estos valores de calibración provocarán cambios sustanciales en los patrones de crecimiento que mostrarán los usos dinámicos.

¹³ Han sido necesarias 4 tablas como la presentada a continuación, una por cada uso dinámico, y cada una de ellas con sus diferentes valores de calibración

Spread Residential Use Calibration	Distance Zones																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Lineal Growth																		
Commercial	6	6	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	0	0	0	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7
Spread Residential	90	90	90	90	90	90	70	70	70	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compact Residential	60	25	20	16	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Free Space	40	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipment	50	35	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Road Network	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Junction Growth																		
Commercial	6	6	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	60	60	60	60	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Spread Residential	90	90	90	90	90	90	70	70	70	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compact Residential	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Free Space	40	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipment	50	35	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Road Network	70	60	47	35	21	17	14	12	10	11	11	10	11	10	11	10	11	10
Aggregated Growth																		
Commercial	-30	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	2	5	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7
Spread Residential	95	95	95	95	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Compact Residential	49	25	25	16	12	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Free Space	40	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipment	50	35	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Road Network	3	3	3	7	7	7	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7	9	7
Sparse settlement																		
Commercial	-30	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrial	0	0	2	5	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7
Spread Residential	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	-9	-9	-9
Compact Residential	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Free Space	40	25	15	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Equipment	50	35	25	20	14	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Road Network	70	60	47	35	21	17	14	12	10	11	11	10	11	10	11	10	11	10

Tabla 7-7: valores de calibración para un uso dinámico en función del patrón de crecimiento a representar.

En lo que respecta a los valores de calibración para la simulación del patrón correspondiente al crecimiento lineal, puede observarse como los valores de atracción de la red viaria son los más altos, con unos valores altos que presentan un escaso decaimiento con la distancia. Igualmente la atracción de las zonas residenciales de baja densidad es importante, aunque en este caso disminuye drásticamente dicho efecto de atracción con la distancia. El caso del valor industrial resulta también llamativo, con una prácticamente nula atracción sobre las zonas residenciales de baja densidad, al igual que para el caso de las zonas comerciales.

Para la simulación del patrón nodal se observa como los principales cambios introducidos en la calibración se centran en la atracción generada por la red de infraestructuras de la movilidad, que sufre un fuerte decaimiento con la distancia, así como en los valores del uso industrial, que en este caso, presentan una importante atracción con motivo de la coexistencia de usos en las zonas en torno a los nodos de las infraestructuras de la movilidad.

En el caso del crecimiento de acuerdo con el patrón agregado, los mayores cambios observables se traducen en la fuerte atracción que sobre el uso residencial de baja densidad genera este mismo uso, con valores que muestran un escaso decaimiento. Estos altos valores permiten generar una mayor agregación de los distintos usos, a la vez que se reducen a valores muy bajos la calibración para la atracción de la red viaria o de los usos industriales.

Finalmente, para el patrón de ocupación en urbanizaciones, se muestra un alto valor de atracción generado por los usos del mismo tipo, que sin embargo en ciertas zonas de distancia se convierte en repulsión, de tal forma que se evita una excesiva agregación de los paquetes urbanos de cada uso, que tienden a formar pequeñas urbanizaciones dispersas. En este caso igualmente presentan valores altos de calibración los correspondientes al efecto de atracción de la red viaria, y bajos para el caso de las áreas industriales.

Empleando estas variaciones en la calibración igualmente para los otros tres usos dinámicos (se han generado tres tablas más similares a la anterior, una para cada uso), se consiguen simular distintos comportamientos espaciales que se asemejan a los patrones de ocupación descritos en el capítulo 5 del presente trabajo. La Figura 7-21 muestra la composición con los cuatro escenarios generados en distintos tonos de gris. Las diferencias a nivel visual entre ellos son manifiestas.

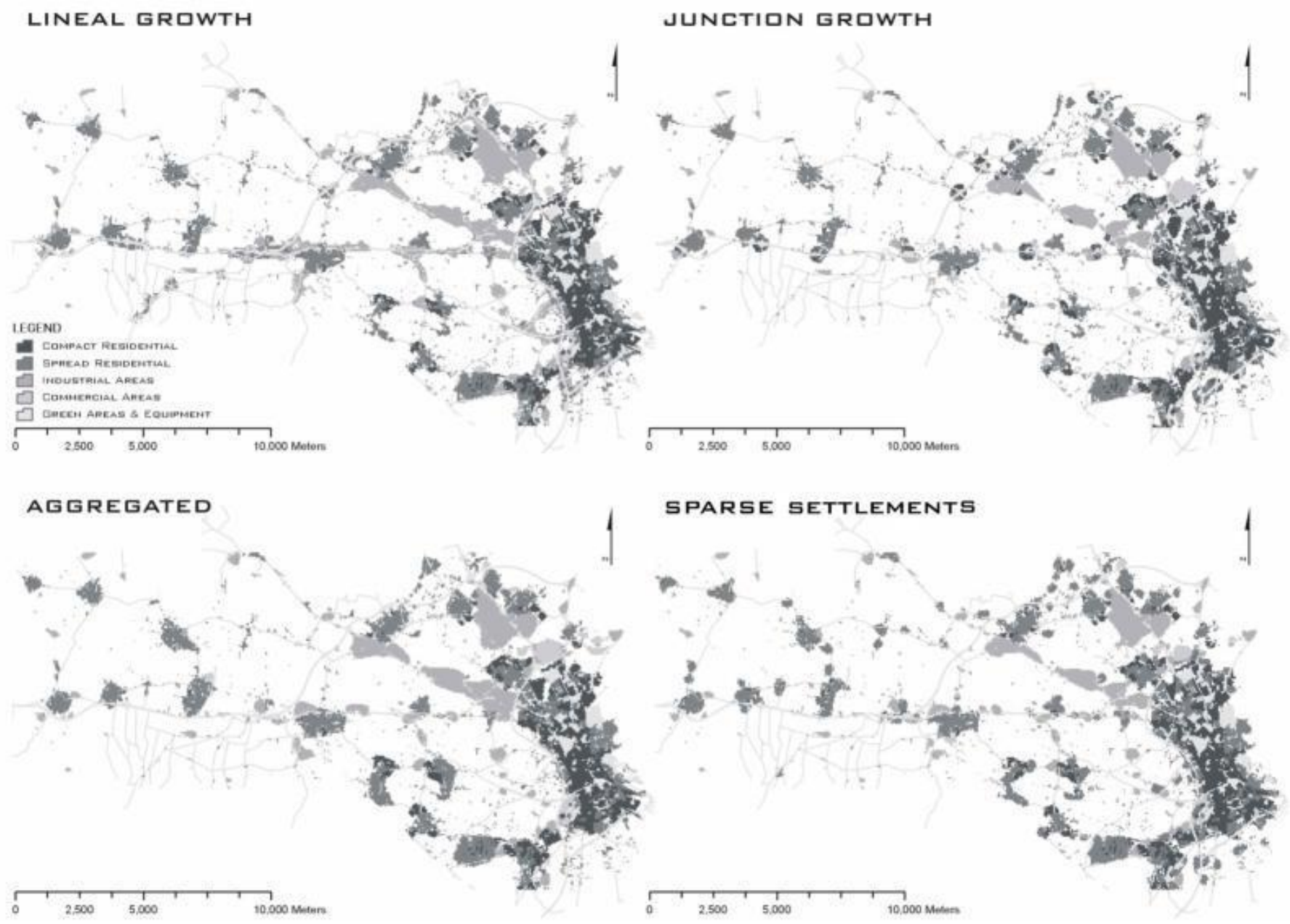


Figura 7-21: Escenarios futuros representando los 4 patrones de ocupación descritos

En primer lugar, el escenario de crecimiento lineal se caracteriza por un fuerte crecimiento de los suelos industriales así como residenciales de baja densidad en torno a las principales vías de comunicación metropolitana, especialmente en la vía A-92G así como en la N-432, e igualmente en las vías más cercanas al centro urbano. Por su parte el escenario de crecimiento nodal, en torno a los principales nodos metropolitanos de la vía A92, A92G y A-44 (a su paso por Granada) se caracteriza por una densificación urbana en torno a los mismos, especialmente por parte de zonas residenciales, tanto de baja densidad como de alta, aunque también con zonas industriales y comerciales en torno a algunos de ellos, que le confieren un carácter mixto a los crecimientos que en el entorno de los nodos tienen lugar.

El escenario de crecimiento agregado es quizás el más fácilmente identificable, caracterizado por una mayor ocupación en torno a las zonas consolidadas, mediante crecimientos de suelo principalmente residencial de baja densidad (en torno a los núcleos del sector Sur y Oeste principalmente) e industrial (en el eje de la N432, y en los polígonos industriales de la zona Norte). Estos crecimientos tienen un carácter muy compacto, con unos crecimientos que morfológicamente tienden a rellenar los intersticios existentes y a producir ocupaciones en torno a los núcleos y zonas industriales más consolidados e importantes.

Finalmente el escenario de urbanizaciones supone la agregación de las pequeñas edificaciones aisladas existentes en paquetes de urbanización de residencia tanto de baja densidad (mayoritariamente) como de alta, que crecen separadas de los núcleos principales. Ese fenómeno se produce en prácticamente todo el territorio del área de estudio pero es más fácilmente apreciable en la zona oeste de la misma, mediante la aparición de múltiples fragmentos urbanos de tamaño medio.

A través de esta sencilla valoración visual presentada, se muestran las principales características de los distintos patrones que el modelo parece ser capaz de representar, únicamente a través del empleo de diferentes valores de calibración del modelo de simulación.

Esta capacidad para la reproducción de distintas formas y patrones de ocupación plantea seguidamente la posibilidad de generación de unos escenarios futuros que marquen posibles tendencias de ocupación urbana en la AUG, con el consiguiente y posterior objetivo de valorar sus posibles características y consecuencias espaciales (capítulos 8 y 9).

7.4.3 EL DISEÑO DE ESCENARIOS FUTUROS POSIBLES DE OCUPACIÓN.

La última de las etapas de simulación abordada en este capítulo es la de generación de simulaciones de escenarios futuros posibles (Batty y Xie, 1997; Ravetz, 2000; Luca, 2007), que muestren tendencias de ocupación urbana. La generación de estas simulaciones constituye un elemento útil para, una vez mostradas las posibles tendencias, evaluarlas a través de herramientas desarrolladas para ello (capítulos 8 y 9), con el objetivo de poder tomar decisiones hoy con una menor incertidumbre e información acerca de las posibles consecuencias que dichas acciones o decisiones presentarán (Prato, 2007).

Para ello se han diseñado tres escenarios futuros que tratan de mostrar de forma conceptual tres posibles tendencias de crecimiento y desarrollo de la AUG, con el horizonte del año 2020, que aunque quizás pueden ser en buena parte extremas y contrapuestas, por otra parte reflejan la disyuntiva en la que la AUG se encuentra en la actualidad. Estos escenarios son producto de la combinación de los distintos patrones de ocupación espacial, así como de posibles diferentes tasas de crecimiento de la ocupación urbana, del trazado o no de importantes infraestructuras metropolitanas, etc.

Para cada uno se ha realizado una pequeña descripción o introducción de sus características conceptuales, morfológicas y espaciales.

7.4.3.1 EL DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS ESCENARIOS

Los tres escenarios diseñados han recibido la denominación de Escenario de intensificación de la ocupación residencial, Escenario de especialización tecnológica e industrial, y Escenario de contención de la ocupación urbana. A continuación se lleva a cabo la descripción de los mismos.

7.4.3.1.1 ESCENARIO DE INTENSIFICACIÓN DE LA OCUPACIÓN RESIDENCIAL.

Este escenario muestra para la fecha de 2020 el resultado de una posible intensificación de los procesos de ocupación de suelo, especialmente el destinado a uso residencial, que han tenido lugar en los últimos períodos. Este escenario supone un rápido crecimiento de nuevas zonas residenciales, predominantemente de baja densidad, aunque también en zonas de residencial de alta densidad (en altura), a la vez que se incrementa la dispersión de la ciudad, de acuerdo con patrones de ocupación predominantemente en urbanizaciones para estos dos usos. En lo que respecta a los usos industriales, se produce un incremento de su ocupación especialmente en las proximidades de las áreas ya existentes, con patrones de ocupación agregados que darán lugar a grandes superficies industriales en los entornos de las vías metropolitanas ya ocupadas por estos usos. Por su parte, las zonas comerciales siguen un comportamiento parecido, incrementando especialmente aquellas áreas ya existentes.

En lo que respecta a las tasas anuales de ocupación urbana, la velocidad de ocupación se acelera en este escenario situándose por encima de las 100 ha/año (107 ha, un incremento de más del 30 % con respecto a la media del período 77-04) mostrándose así un incremento del proceso urbanizador, especialmente en el sector residencial.

7.4.3.1.2 ESCENARIO DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL

Por su parte, el escenario de especialización tecnológica e industrial, manifiesta un giro en las formas y funciones de los nuevos crecimientos urbanos con respecto a la tendencia experimentada en los últimos años. Este escenario muestra una evolución marcada por el establecimiento de nuevas superficies tecnológico/comerciales/industriales de ocio e innovación que dinamizan el desarrollo de la AUG, sin que exista un especial incremento residencial. Estos parques tecnológicos/comerciales se establecen de acuerdo con patrones de crecimiento nodal y lineal buscando los lugares de mayor accesibilidad, cerca de los nodos de las principales infraestructuras metropolitanas. Estas nuevas áreas se convierten a su vez en nuevos focos de atracción de las zonas residenciales de alta densidad, que muestran patrones de crecimiento en urbanizaciones, más alejadas del núcleo de alta densidad de la ciudad de Granada; mientras que las zonas de baja densidad continúan con un crecimiento agregado. Las tasas de crecimiento para este escenario se mantienen a un ritmo similar al experimentado en los últimos años (80 ha/año).

7.4.3.1.3 ESCENARIO DE CONTENCIÓN DE LA OCUPACIÓN URBANA.

El último de los escenarios diseñados muestra una disminución de las tasas de crecimiento en la ocupación urbana en los próximos años, así como una disminución de la importancia de la ocupación

residencial dispersa determinan algunas de las principales características del escenario. Se establece así para este escenario una importante desaceleración de la ocupación urbana (27 ha/año, con una reducción del 66 % con respecto al período 77-04), especialmente la residencial de baja densidad, que crece de forma agregada al igual que la de alta densidad, optimizándose así la localización de equipamientos y servicios. Por su parte los usos industriales y comerciales presentan un crecimiento nodal, en los entornos de algunos de los nodos de la red viaria metropolitana menos saturados.

7.4.3.2 CARACTERÍSTICAS MORFO-FUNCIONALES DE LOS ESCENARIOS

Descritas las características conceptuales de cada uno de los escenarios, con el objetivo de llevar a cabo su implementación a través del empleo del modelo basado en AC desarrollado, es necesario definir de forma sintética las principales variables que caracterizan cada uno de los escenarios y que pueden ser utilizados para su implementación. La Tabla 7-8 muestra las características morfológicas de cada uno de los escenarios en lo que respecta a las diferentes categorías de ocupación urbana (patrones de ocupación que presenta cada una de ellas) la influencia de los distintos parámetros que emplea el modelo, así como las tasas de crecimiento anual de ocupación urbana que cada escenario establece.

Escenario	Patrones de ocupación	Factores del modelo	Tasa de crecimiento
Escenario de intensificación de la ocupación residencial	Residencial de baja densidad: Se caracteriza por un patrón de crecimiento en urbanizaciones	Accesibilidad: Medida como distancia a las infraestructuras de movilidad. Incorpora la 2ª ronda de circunvalación así como el viario propuesto en el POT AUG. Incrementa su influencia para el caso de las zonas residenciales	La tasa de crecimiento se ve incrementada un 33 % con respecto a la observada en el período de calibración de las simulaciones expost. (+ 100 ha/año)
	Residencial de alta densidad: Se caracteriza por un patrón de crecimiento en urbanizaciones	Vecindad: La vecindad tiene una importante influencia en el caso de los crecimientos residenciales dispersos que acontecen cerca de núcleos secundarios, muchos de ellos tendentes a conformar procesos de conurbación	
	Comercial/Ocio: Se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal.	Parámetro Estocástico: El parámetro estocástico posee un mayor peso en este escenario, para reflejar los nuevos crecimientos dispersos que surgen en toda la AUG.	
	Industrial/Tecnológico: En este escenario se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal		
Escenario Tecnológico	Residencial de baja densidad: Se caracteriza por un patrón de crecimiento agregado	Accesibilidad: Medida como la distancia a los nodos de las infraestructuras viarias. Incorpora la 2ª ronda de circunvalación y adquiere especial peso en el caso de los crecimientos comerciales e industriales.	La tasa de crecimiento anual mantiene, con una caída importante en lo que a los crecimientos residenciales se refiere. (80 ha/año)
	Residencial de alta densidad: Se caracteriza por un patrón de crecimiento en urbanizaciones	Vecindad: Adquiere especial relevancia en el caso de los usos comercial/ocio y tecnológicos, que se agregan en torno a los nodos.	
	Comercial/Ocio: Se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal.	Parámetro Estocástico: El parámetro estocástico se reduce para mostrar una concentración de la ocupación, especialmente del uso industrial/tecnológico en las zonas cercanas a los nodos.	
	Industrial/Tecnológico: Se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal.		
Escenario de contención de la ocupación urbana	Residencial de baja densidad: Se caracteriza por un patrón de agregado.	Accesibilidad: Medida como la distancia a los nodos de las infraestructuras viarias. No incorpora la 2ª ronda de circunvalación.	La tasa de crecimiento se ve reducida a un 33 % de la experimentada durante el período de calibración (27 ha/año)
	Residencial de alta densidad: Se caracteriza por un patrón de agregado.	Vecindad: Adquiere especial importancia en el caso de los crecimientos residenciales, que se ubican de forma agregada.	
	Comercial /Ocio: Se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal.	Parámetro Estocástico: El parámetro estocástico se reduce para tratar de mostrar un crecimiento menos disperso que afecte al paisaje agrario así como a la propia estructura urbana.	
	Industrial/tecnológico: Se caracteriza por un patrón de crecimiento nodal.		

Tabla 7-8: Características espaciales de los tres escenarios diseñados

7.4.3.3 LA SIMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS

A partir de la Tabla 7-8 y las principales características establecidas en ella, se ha implementado cada uno de los escenarios presentados en el modelo de simulación desarrollado. Algunas de ellas, como las tasas de crecimiento o la incorporación de elementos como la propuesta de segunda circunvalación, se han realizado de forma muy sencilla. Sin embargo, las características propias de los patrones espaciales han requerido de un nuevo proceso de calibración de los valores de vecindad para cada uno de los usos, en función de las características espaciales que cada escenario establece para los mismos.

Este proceso ha requerido pues una vez más el conjunto de calibraciones-simulaciones descrito en los epígrafes anteriores, hasta asegurar la simulación de los patrones deseados en cada uno de los usos para cada escenario. Los resultados de las simulaciones generadas quedan recogidos desde la Figura 7-22 hasta la Figura 7-24.

ESCENARIO CONTENCIÓN OCUPACIÓN URBANA

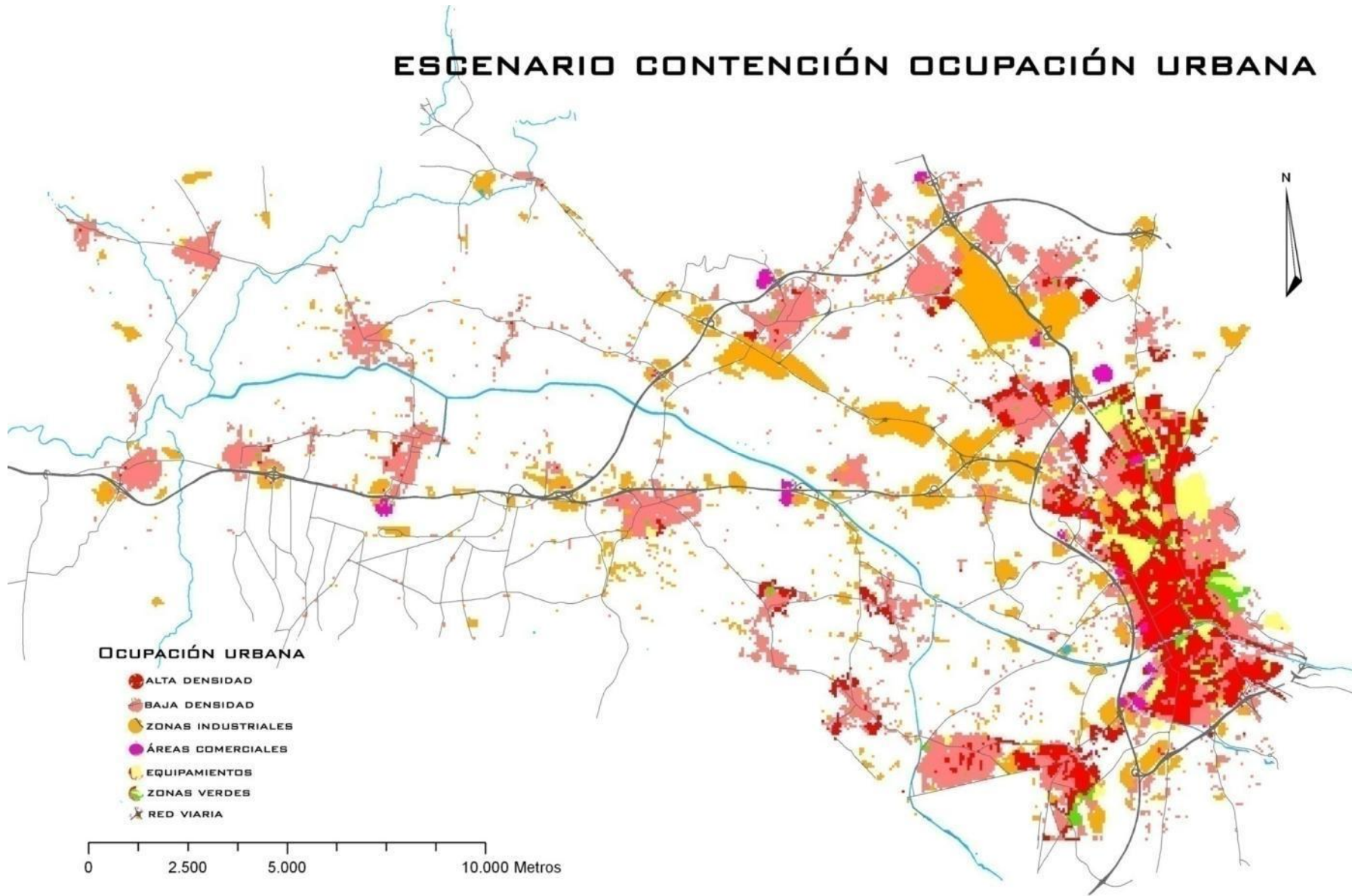


Figura 7-22: Escenario de contención de la ocupación urbana

ESCENARIO TECNOLÓGICO

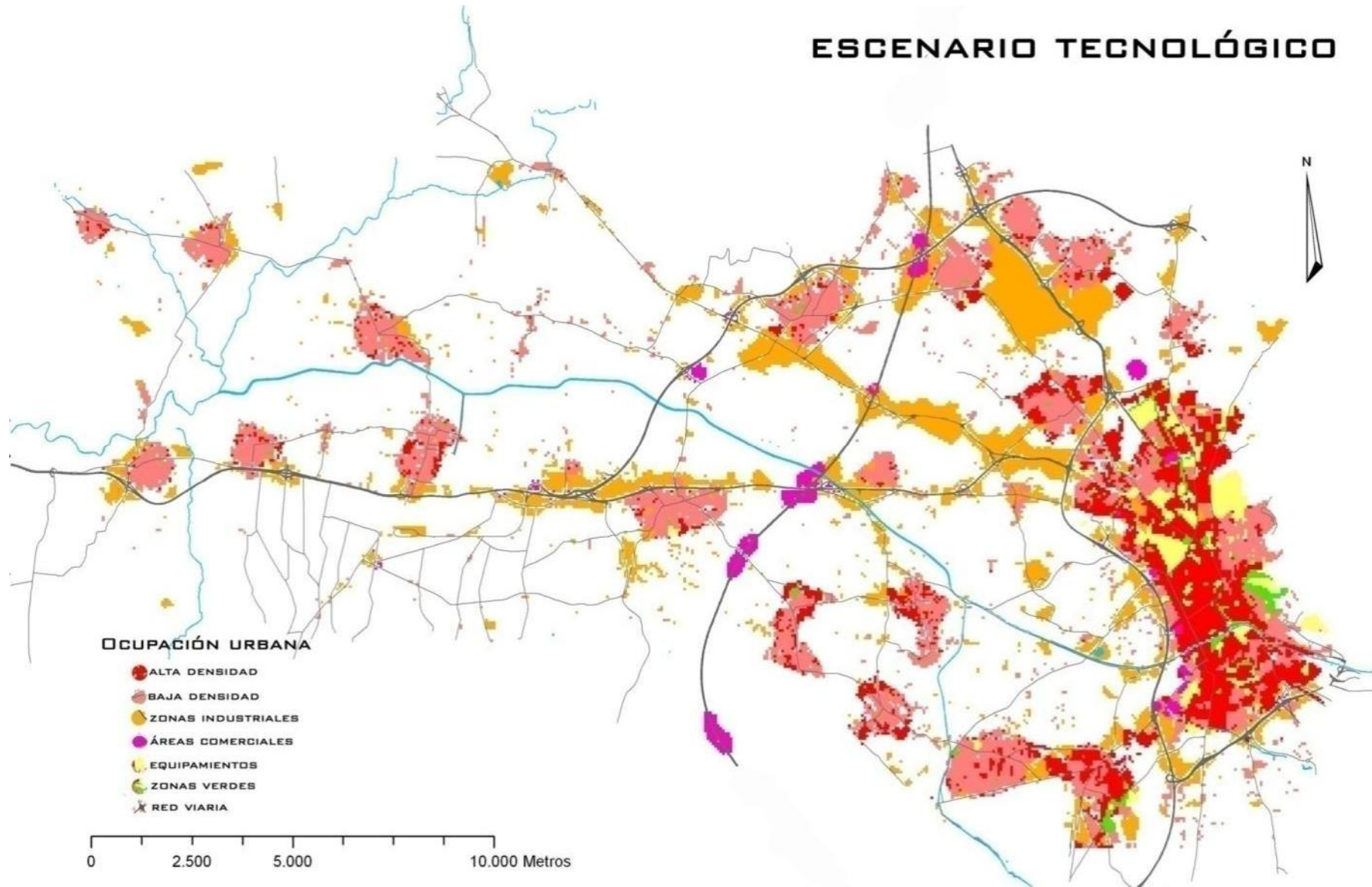


Figura 7-23: Escenario de especialización tecnológica e industrial

ESCENARIO INCREMENTO RESIDENCIAL

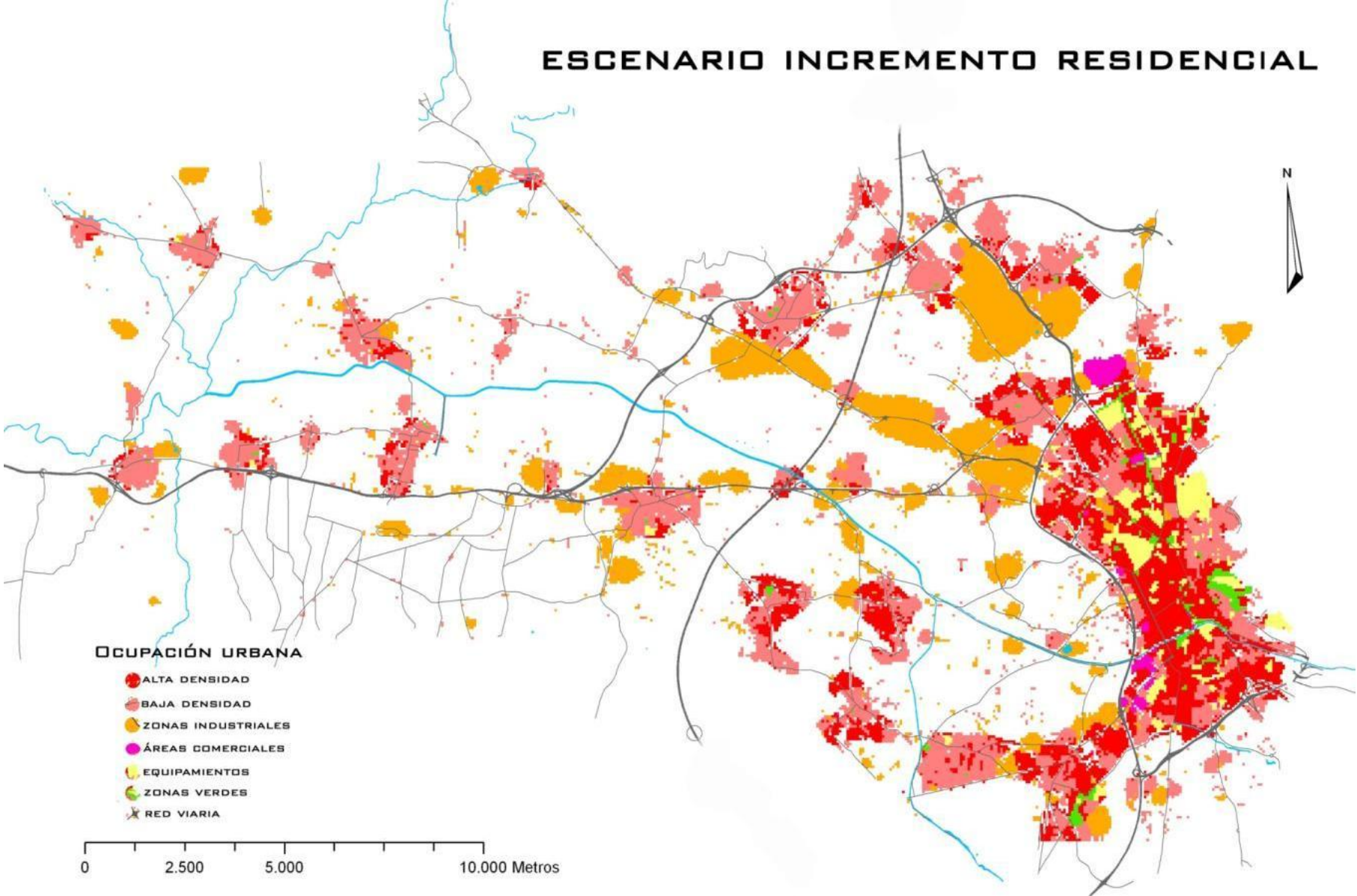


Figura 7-24: Escenario de incremento de la ocupación residencial

7.4.3.4 LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

A partir de los resultados de los escenarios simulados, se plantea en este epígrafe la comparación visual de los mismos, de tal manera que de forma sencilla se pongan de manifiesto algunas de las principales diferencias existentes entre ellos, las cuáles serán tratadas en profundidad en el capítulo 8. Entre estas diferencias fundamentales destacan la forma global de los crecimientos, muchos de ellos asociados a la infraestructura metropolitana "2ª Circunvalación", el grado de linealidad de algunos usos, los patrones de ocupación, etc.

Para llevar a cabo una comparación más exhaustiva de algunas de estas diferencias, se han seleccionado diferentes sectores o áreas que muestran de forma clara las mismas. En estos sectores se pueden observar distintos comportamientos en lo que a contigüidades, tasas de crecimiento, compacidades, mezclas de usos, patrones, etc., entre los diversos escenarios, coincidiendo además con algunas de las zonas más dinámicas en lo que a ocupación urbana se refiere (Capítulo 3). En la Figura 7-25 se muestra las diferentes áreas seleccionadas para realizar dicha comparación:

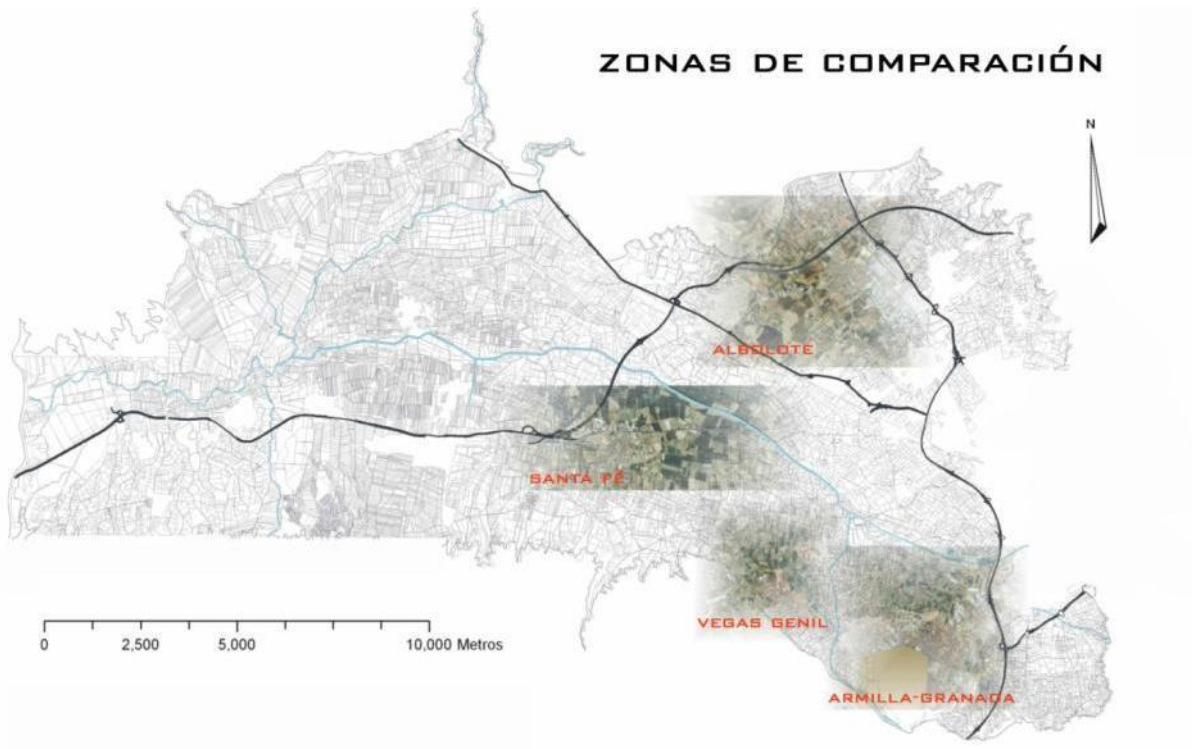


Figura 7-25: Áreas seleccionadas para la comparación visual de los diferentes escenarios

7.4.3.4.1 ARMILLA-GRANADA

La primera de las áreas se corresponde con la conurbación formada por los núcleos urbanos de Granada, Armilla y Churriana, la cual se verá modificada en cada uno de los escenarios, como revela la Figura 7-26. Se puede observar un mayor proceso de agregación en el escenario de incremento de la ocupación urbana, con importantes crecimientos de suelos residenciales de alta y de baja densidad, a la vez que aparecen algunas zonas industriales en su entorno. Por el contrario, en el caso de los escenarios de contención y de especialización tecnológica, los incrementos tienden a ser de tipo industrial en torno a los principales nodos de la zona en el primer caso, y de forma lineal en el segundo..

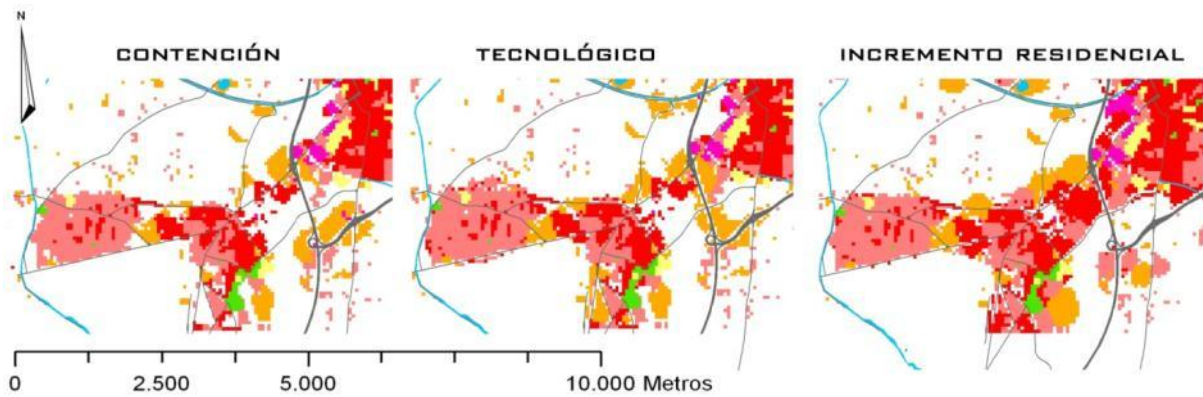


Figura 7-26: Comparación de los escenarios en el área de Armilla-Granada

7.4.3.4.2 ALBOLOTE

La zona de comparación denominada Albolote (Figura 7-27) por su cercanía a dicho núcleo urbano, se corresponde con un interesante ejemplo de las diferencias existentes en los distintos escenarios con motivo de la inclusión de una importante vía de transporte metropolitana, como es la denominada segunda circunvalación. Su ausencia en el escenario de contención, supone una escasa transformación de las zonas en su entorno, a pesar de que en algunos de los nodos existentes aparecen algunos crecimientos industriales y especialmente de uso comercial. Sin embargo, en el caso de los otros dos escenarios, su inclusión supone una importante transformación de las áreas adyacentes, aunque en diferentes direcciones:

En el caso del escenario tecnológico, se puede observar una importante transformación en el entorno de la vía a través del desarrollo de grandes áreas comerciales e industriales de acuerdo a patrones de ocupación nodales y lineales respectivamente, mientras que en el caso del escenario de incremento residencial, los principales crecimientos que tienen lugar son los de origen residencial de alta y de baja densidad, que en este caso se sitúan principalmente de forma agregada a los núcleos existentes e igualmente en las proximidades de los nodos principales.

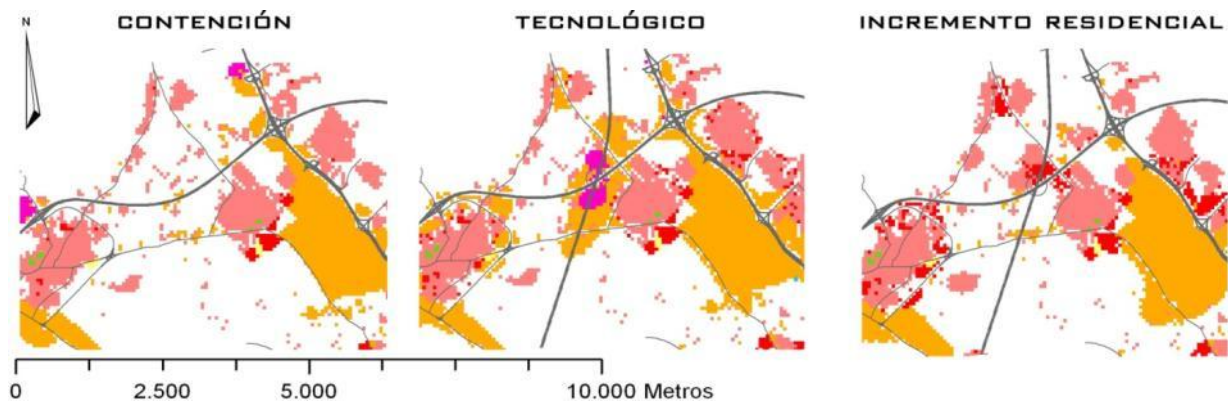


Figura 7-27: Comparación visual de los escenarios en el área del entorno de Albolote

7.4.3.4.3 SANTA FE

El área correspondiente con las proximidades del núcleo urbano de Santa Fe (Figura 7-28) constituye otro ejemplo de los cambios generados en los escenarios. La inclusión de la segunda circunvalación en el caso del escenario tecnológico supone un importante desarrollo de zonas comerciales en las áreas de intersección entre vías metropolitanas en las que aparece un importante nodo viario. Con respecto a las zonas industriales que se

desarrollan en las proximidades de la vía A-92 G, en el escenario tecnológico se corresponden con un patrón claramente lineal a ambos lados del eje metropolitano.

En el caso del escenario de incremento residencial los crecimientos que tienen lugar son principalmente de áreas residenciales en las proximidades del nodo que surge en esta área, así como crecimientos industriales que lo hacen por agregación de aquellos fragmentos de menor tamaño existente.

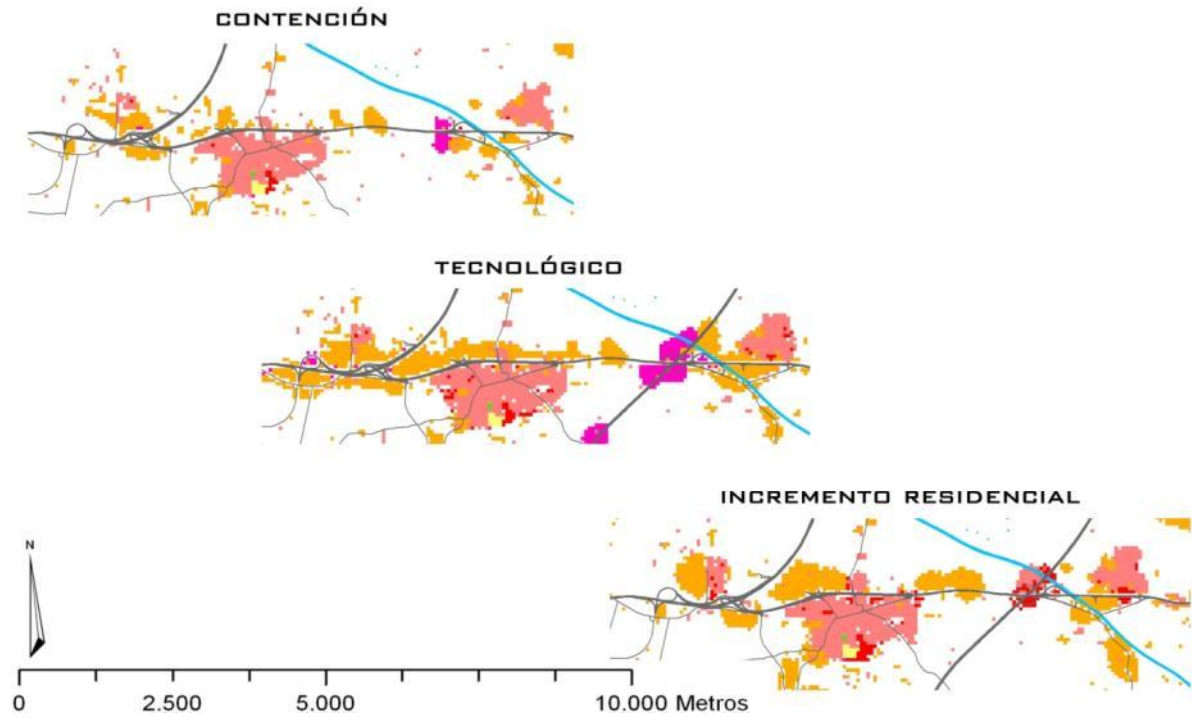


Figura 7-28: Comparación visual de los escenarios en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé.

7.4.3.4.4 VEGAS DEL GENIL

La última de las áreas de comparación es la que se corresponde mayoritariamente con el término municipal de Vegas del Genil (Figura 7-29), el cual está compuesto por tres núcleos de población. En el caso del escenario tecnológico se produce en esta zona un importante crecimiento residencial, que tiende a seguir en cierta forma alguno de los ejes que articulan dichos núcleos, mientras que en el escenario residencial el crecimiento es mucho más masivo, configurándose esta zona como una de las de mayor crecimiento (lo cual se corresponde con los análisis de la tendencia de los últimos treinta años de la ocupación urbana, capítulo 3) de toda la AUG.

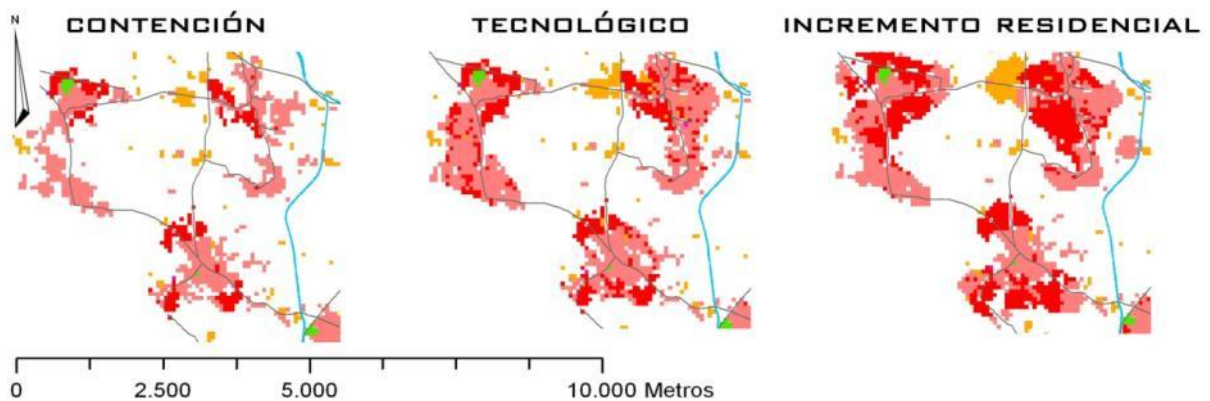


Figura 7-29: Comparación visual de los escenarios en el entorno del municipio de Vegas del Genil

A la vista de los resultados de la comparación visual entre los resultados de la simulación de los distintos escenarios, quedan patentes las diferencias mostradas en ellos como consecuencia de los cambios en los patrones implementados a través de la modificación de los parámetros del modelo, especialmente en lo referentes a los valores de vecindad.

7.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

A la vista de los resultados obtenidos en el presente capítulo a través de las diferentes etapas de simulación desarrolladas, las principales conclusiones que se pueden obtener del mismo son las siguientes:

- Los factores como la contigüidad espacial, la accesibilidad, la dispersión, identificados como influyentes en los patrones de ocupación urbana explican gran parte de los cambios ocurridos en el crecimiento de la AUG de acuerdo con los análisis de correlación realizados mediante regresión logística, los cuáles muestran valores elevados del estadístico ROC.
- Es posible construir un modelo de simulación basado en AC que principalmente opere a través de las variables citadas anteriormente.
- El proceso de calibración permite al modelo representar de forma razonable las dinámicas del crecimiento de la ocupación urbana acontecidas en los últimos años en la AUG.
- Igualmente, la calibración de los valores de vecindad ha permitido al modelo mostrar, en la segunda etapa de las simulaciones, diferentes patrones de ocupación urbana a partir de la situación existente en 2004.
- Mediante el diseño de escenarios de crecimiento urbano se pueden identificar diferentes tendencias de ocupación urbana en la AUG.
- El modelo implementado, a partir de diversos cambios en los valores de vecindad mediante calibración, así como a través de la inclusión de diferentes propuestas o compartimientos establecidos en el diseño de los escenarios futuros, muestra posibles situaciones futuras de comportamiento de la ocupación urbana en la AUG, las cuales serán valoradas en el siguiente capítulo.

8. VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPACIALES DE LOS ESCENARIOS

RESUMEN

En este capítulo se exploran en profundidad las características espaciales de los tres escenarios futuros generados, en comparación con la situación tomada como punto de partida de 2004, a través de un conjunto de métricas o índices de la ecología del paisaje. La aplicación de estos índices permitirá detectar si las simulaciones generadas por el modelo representan especialmente los diferentes patrones de ocupación urbana descritos previamente, a la vez que explorará la capacidad de dichos índices para reflejar los cambios metropolitanos como parte de procesos de alteración de los patrones de ocupación urbana, y por ello como instrumentos de monitorización de los mismos.

Para ello se ha planteado una triple lectura de los resultados de las métricas seleccionadas: una lectura estadística, en la que se exploran los cambios de las métricas por uso y escenario; una lectura de escenario o morfológica, que mostrará los principales cambios morfológicos y en los patrones de ocupación mostrados por cada escenario; y finalmente una lectura temporal, que desvelará la capacidad de las métricas para monitorizar los cambios en las formas y patrones de ocupación urbana a través de firmas del cambio metropolitano.

Palabras Clave: Métricas de análisis espacial, patrones de ocupación urbana, monitorización de cambios metropolitanos, escenarios futuros, firma de cambio urbano.

ABSTRACT

The spatial characteristics of the simulated urban growth scenarios were analysed. The scenarios, representing urban land use in 2020, were compared with the situation in 2004, using landscape metrics. Three different interpretations were used to test the suitability of the selected set of metrics: First, a statistical interpretation showed the metrics sensitivity to detect changes in each scenario. Secondly, a global interpretation was used to detect urban patterns existing in each scenario. Finally, a temporal interpretation made it possible to obtain a signature of urban pattern change for the three different scenarios. Therefore, these metrics are an important assessment tool to describe main changes in urban patterns and urban form in metropolitan areas.

Keywords: Spatial metrics, urban patterns, urban change monitoring, future scenarios, urban change signature.

ÍNDICE DE CAPÍTULO

8.	VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESPACIALES DE LOS ESCENARIOS.....	224
8.1	INTRODUCCIÓN	227
8.2	LA APLICABILIDAD DE LAS MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE ESCENARIOS.....	227
8.3	LA SELECCIÓN DE UN CONJUNTO DE MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DEL CAMBIO	232
8.4	LOS RESULTADOS DE LAS MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS FUTUROS.....	234
8.4.1	LA LECTURA ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS	234
8.4.2	LA LECTURA GLOBAL: VALORACIÓN GENERAL DE LOS ESCENARIOS.....	247
8.4.3	LAS MÉTRICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL COMO SIGNATURA DEL CAMBIO METROPOLITANO: LECTURA TEMPORAL	253
8.5	RESUMEN Y CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS	255

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 8-1: Cambios drásticos en el paisaje pueden no quedar reflejados en los valores de métricas agregados a nivel de paisaje. Modificado de Li y Wu (2004)	231
Figura 8-2: Esquema metodológico de análisis de los escenarios futuros de ocupación urbana a través de índices o métricas de análisis espacial.....	234
Figura 8-3: Comparativa de los Valores de PN en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano	235
Figura 8-4: Aparición de nuevos fragmentos de áreas comerciales e industriales en el escenario tecnológico, en el entorno de la ciudad de Granada y Armilla así como en el eje de la A-92G y la N-432.	236
Figura 8-5: Crecimientos residencial de alta densidad en los núcleos de Fuente Vaqueros, Valderrubiuo, Chauchina y Láchar (1); y en el entorno de Purchil, Ambroz y Belicena (2). 3 Expansión de áreas industriales en torno a la vía N 432	236
Figura 8-6: Incremento del número de fragmentos de usos comercial e industrial en el entorno de la A 92, (núcleos urbanos de Chauchina, Láchar y Cijuela).....	237
Figura 8-7: Variación en % del valor del PN por uso y escenario.....	237
Figura 8-8: Comparativa de los valores del MPS en los distintos escenarios y en 2004, por uso urbano	238
Figura 8-9: Algunas de las urbanizaciones de suelo residencial (alta y baja densidad) que surgen como nuevos fragmentos independientes en el escenario de incremento residencial.	239
Figura 8-10: Incremento del tamaño de los fragmentos industriales en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé, y en el entorno de la N432.....	240
Figura 8-11: Variación en % del valor del MPS por uso y escenario.	240

Figura 8-12: Comparativa de los Valores de RGYR en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano	241
Figura 8-13: Variación en % del valor del RGYR por uso y escenario.....	242
Figura 8-14: Comparativa de los Valores de SHAPE en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano	242
Figura 8-15: Variación en % del valor del SHAPE por uso y escenario	243
Figura 8-16: Comparativa de los Valores de ENN en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano	244
Figura 8-17: Variación en % del valor del ENN por uso y escenario	245
Figura 8-18: Comparativa de los Valores de MPI en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano	245
Figura 8-19: Los suelos residenciales de alta densidad (en tonos oscuros de rojo) se concentran en el año 2004 en la ciudad de Granada y muy levemente en algunos núcleos de la primera corona como Armilla o Maracena.....	246
Figura 8-20: Variación en % del valor del MPI por uso y escenario.....	247
Figura 8-21: Valoración global de los escenarios	249
Figura 8-22: Proceso metodológico de estimación de la evolución temporal de las métricas en cada escenario.....	253
Figura 8-23: Evolución de las métricas de análisis espacial a lo largo de las diferentes iteraciones en cada uno de los escenarios.	254

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 8-1: Métricas de análisis espacial empleadas para valorar escenarios futuros en diversos trabajos	230
Tabla 8-2: Resumen de la valoración del escenario de contención de la ocupación urbana	256
Tabla 8-3: Resumen de la valoración del escenario de especialización tecnológica e industrial	257
Tabla 8-4: Resumen de la valoración del escenario de incremento de la ocupación urbana residencial	258

8.1 INTRODUCCIÓN

Los escenarios futuros generados en el capítulo anterior suponen un importante resultado fruto de los análisis realizados a lo largo de la tesis, que sin embargo resultaría incompleto sin una valoración consistente de las principales características espaciales que los diferencian. La exploración de dichas características a través de un conjunto de métricas o índices de análisis espacial permitirá tanto revelar las diferencias espaciales que el modelo de simulación es capaz de generar en los distintos escenarios futuros; así como establecer un conjunto de indicadores útiles para la monitorización y seguimiento de los cambios en los patrones de ocupación urbana que tienen lugar en las áreas metropolitanas.

Así pues el presente capítulo trata de responder a la cuestión planteada en el capítulo 2 en lo que respecta a *¿cuáles son las principales características espaciales de las posibles tendencias futuras?*

Para tratar de responder a dicha cuestión, se ha planteado la selección, aplicación e interpretación de un conjunto de métricas o índices (van Beusekom, 2003; Paolinelli, 2003; Alberti y Marzluff, 2004) del análisis espacial y la ecología del paisaje. De esta forma los objetivos del presente capítulo se pueden resumir en:

- Valorar, a través de un conjunto de índices cuantitativos, hasta qué punto los escenarios generados por el modelo representan diferentes comportamientos metropolitanos (Herold *et al*, 2005) en lo que formas de ocupación del suelo se refiere.
- Determinar y cuantificar las características espaciales de cada uno de escenarios generados (Berling-Wolf y Wu, 2004b) y ponerlas en relación con los patrones de ocupación urbana que se trataron de implementar con el modelo en cada escenario.
- Mostrar las métricas o índices de análisis espacial como instrumento útil en la planificación y seguimiento de los procesos de cambio metropolitano (Franco, Bombonato, Mannino, Ghetti y Zanetto, 2005; Luca, 2007; Prato, 2007) especialmente en lo que respecta a su utilidad como indicadores de monitorización de las formas y patrones de cambio.

8.2 LA APLICABILIDAD DE LAS MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE ESCENARIOS.

Para poder abordar esta valoración de las características espaciales de los escenarios, es necesario en primer lugar llevar a cabo una definición de los índices o métricas que se emplearán para ello, así como discutir su aplicabilidad en los entornos metropolitanos en los que se van a emplear. En este sentido, estas métricas espaciales pueden ser definidas como un conjunto de medidas cuantitativas agregadas derivadas del análisis digital de mapas temáticos (Herold, *et al*, 2003) que han sido ampliamente aplicadas en estudios de ecología del paisaje (Forman, 1995; McGarigal y Marks, 1995; Bettini *et al*, 2001; Herzog y Lausch, 2001, Botequilha y Ahern 2002, Botequilha *et al*, 2006¹). Sin embargo, y dado

¹ En el citado trabajo se presenta un completo compendio de métricas de análisis espacial como instrumento para la planificación de paisajes de distinto tipo, las cuales finalmente son aplicadas para la valoración de escenarios futuros, en Amherst, EEUU.

que se utilizan para medir características espaciales que tienen que ver con la fragmentación, forma, aislamiento, conectividad, compacidad y elongación, etc., pueden ser igualmente empleadas para identificar y caracterizar las propiedades espaciales de otros paisajes (Mateucci, y Silva, 2005), especialmente los urbanos (Herold *et al*, 2005).

Por ello cobra sentido su aplicación para la determinación de las características espaciales de áreas urbanas, pudiendo complementar de esta forma las estadísticas de ocupación de los usos del suelo, generalmente las únicas herramientas empleadas en la monitorización y valoración de los cambios de los mismos (Herzog y Lausch, 2001). Estas métricas aportan nuevas posibilidades de análisis de los patrones de ocupación mostrados (Alberti, 1999), las formas de ocupación urbana (Herold *et al* 2003), escenarios futuros (Franco *et al*, 2005) y los resultados de los modelos de simulación (van Beusekom, 2003; Berling-Wolf y Wu, 2004b), en el marco de un creciente interés por estas cuestiones en el ámbito en las ciudades españolas (Dalda *et al*, 2005; Ministerio de Vivienda, 2006) y europeas (Alberti, 1999; Antrop, 2000; Indovina, 2005; Kasanko *et al*, 2006; EEA, 2006a).

A este respecto, existe un conjunto emergente de trabajos que plantean la aplicación de estas métricas para el análisis de entornos urbanos. Buenos ejemplos de ello son los trabajos de Geoghegan, Wainger y Bockstael (1997), que emplean un conjunto de métricas de fragmentación y de diversidad en la evaluación de los valores residenciales en el área metropolitana de Washington, desde un punto de vista del valor económico; o los de Alberti y Marzluff (2004), que igualmente proponen un conjunto de métricas de análisis espacial para determinar las características espaciales del paisaje urbano, entre las que se encuentran el tamaño medio de los fragmentos, o el índice de contagio, aplicadas sobre imágenes de satélite Landsat TM, con un enfoque similar al presentado en Mateucci y Silva (2005) para la estimación del grado de antropización en Argentina.

Otros trabajos por su parte emplean igualmente las métricas para la comparación espacial de entornos urbanos simulados con situaciones reales, como proponen Alberti y Waddell (2000) que señalan la importancia de estos instrumentos para mejorar la implementación de los modelos de simulación del cambio de los usos del suelo, permitiendo una representación más acorde con la realidad de la estructura y composición del paisaje. Para ello emplean métricas de composición y configuración² del paisaje, así como métricas de vecindad, tales como la heterogeneidad o la diversidad. En este sentido, Berling-Wolf y Wu (2004b) llevan a cabo una validación de los resultados de un modelo de simulación de la ocupación urbana para la ciudad de Phoenix a través de la comparación de simulaciones con situaciones reales de ocupación mediante métricas de análisis espacial.

Otro conjunto de trabajos aboga por el empleo de métricas de análisis espacial para la valoración de escenarios futuros, como los de van Beusekom (2003)³ o los de Franco *et al* (2005), haciendo especial hincapié en lo que respecta a cuestiones como la sostenibilidad o la calidad de vida;

Así pues son múltiples los trabajos que emplean estos instrumentos para el análisis de entornos urbanos (Tabla 8-1), lo que unido a las reflexiones señaladas anteriormente, permite afirmar que dichas métricas son un instrumento útil para la valoración de las características espaciales de los escenarios generados en este trabajo.

² Ver Capítulo 2 para encontrar una definición de ambos términos.

³ Este trabajo se enmarca en el proyecto "Networks in the Delta" (<http://networks.geog.uu.nl/>) que pretende integrar información biofísica y socioeconómica para contribuir a avanzar en la definición de un proceso de planificación regional integrada en Europa occidental (van Beusekom, 2003).

Autores	Ambito y Descripción	Métricas empleadas
Geoghegan <i>et al</i> (1997)	Washington DC, EEUU. Estimación de los valores económicos de áreas residenciales incorporando características de la estructura espacial del paisaje urbano, determinadas a través de métricas de análisis espacial	Diversidad Dimensión Fractal Longitud de Bordes
Alberti y Waddel (2000)	Región Metropolitana Puget Sound, Washington, EEUU. Empleo de métricas de análisis espacial para determinar los cambios introducidos en el paisaje por los resultados de modelos de simulación.	Diversidad Dominancia Índice de Forma (SHAPE) Distancia al vecino más Próximo (ENN) Dimensión Fractal Contagio (C)
van Beusekom (2003)	Dos ámbitos metropolitanos en los Países Bajos (Rotterdam-La Haya y Den Bosch-Oss). Se exploran un conjunto de índices o herramientas de análisis espacial para evaluar características de escenarios futuros que tienen que ver con aspectos como la sostenibilidad o la calidad de vida.	Landscape SHAPE index ⁴ Índice de Agregación (IA) Distancia al vecino más Próximo (ENN) Índice de Proximidad Medio (MPI)
Berling- Wolf y Wu (2004b)	Área metropolitana de Phoenix, EEUU. Selección y aplicación de un conjunto de métricas de análisis espacial para evaluar los resultados de modelos de simulación desde el punto de vista de la estructura del paisaje resultante.	Número de Fragmentos (PN) Densidad de Bordes (ED) Tamaño Medio de Mancha (MPS) Coeficiente de variación del tamaño de mancha (PCSV) Índice de forma ponderado por área (AWMSI) Dimensión Fractal
Alberti y Marzluff (2004)	Región metropolitana Puget Sound, Washington, EEUU. Aplicación de métricas de	Porcentaje de Usos Tamaño medio de fragmento (MPS)

⁴ Sólo se muestran los indicadores empleados para valorar características de las áreas urbanas. Existen en este trabajo multitud de otros indicadores en relación con otros usos como las zonas naturales o agrícolas.

	análisis espacial para la caracterización del paisaje metropolitano y su puesta en relación con las características de los ecosistemas presentes.	Contagio (C) Dominancia (D ₀) Índice de Agregación Porcentaje de Adyacencias
Franco <i>et al</i> (2005)	Venecia, Italia. Estimación de métricas de análisis espacial para la valoración de escenarios de desarrollo territorial	Distancia al vecino más próximo (ENN) ⁵ Conectividad Distancia mínima y máxima entre elementos corredor
Mateucci y Silva (2005)	Región de la Pampa, Argentina. Análisis de imágenes de satélite a través de métricas análisis espacial para discriminar áreas con diferente grado de antropización en función de la estructura del paisaje	Porcentaje de Usos Densidad de Fragmentos Tamaño Medio de Fragmento (MPS) Densidad de Bordes (ED) Índice de Forma (SHAPE) Dimensión Fractal Distancia al vecino más próximo (ENN) Índice de Proximidad (MPI)

Tabla 8-1: Métricas de análisis espacial empleadas para valorar escenarios futuros en diversos trabajos

En cualquier caso, y a pesar de la amplia aplicación de estos instrumentos en la valoración de entornos urbanos y metropolitanos y de las ventajas que estos índices presentan, es necesario señalar que también presentan un conjunto de limitaciones o más bien de *errores* en su aplicación, que limitan de forma importante en ocasiones los resultados que pueden aportar.

En este sentido Li y Wu (2004) apuntan tres errores principales en el manejo de estos instrumentos:

- Errores conceptuales en la interpretación de los valores ecológicos de los índices
- Uso inapropiado de los índices para la detección de ciertos procesos ecológicos
- Limitaciones propias de los índices

En este sentido, los dos primeros errores hacen referencia a la detección de las relaciones entre las estructuras de los paisajes medidas por los índices empleados, y los procesos ecológicos que de ellos se pueden inferir, mientras que los últimos plantean las propias limitaciones de los índices, que en algunos casos puede aparecer en los procesos de agregación de los mismos.

Puesto que en este trabajo no se pretende emplear estos índices para la determinación de cambios en procesos ecológicos, sino plantear la identificación de proceso de cambio metropolitano en lo que a

⁵ Al igual que en los trabajos de van Beusekom, únicamente se han incluido aquellos índices que tienen relación con las áreas urbanas.

patrones y formas se refiere, son especialmente los errores asociados a las limitaciones propias de los índices las que suscitan mayor interés.

Las principales críticas a este respecto, señalan cómo ciertos índices son incapaces de determinar o detectar ciertos cambios en los paisajes (Figura 8-1), especialmente para los índices calculados con un nivel de agregación de todo el paisaje (ver capítulo 2) y además destacan una importante dificultad en la interpretación de los resultados obtenidos para los diferentes índices.

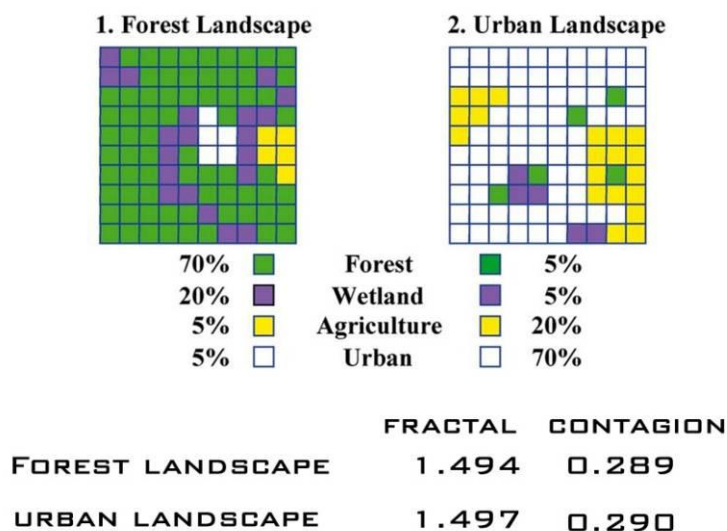


Figura 8-1: Cambios drásticos en el paisaje pueden no quedar reflejados en los valores de métricas agregados a nivel de paisaje. Modificado de Li y Wu (2004)

En este capítulo, para tratar de paliar las citadas cuestiones, las métricas seleccionadas se presentan con un nivel de agregación de clase, lo que se traduce en que cada valor de los distintos índices o métricas representa la situación para un uso, en este caso los usos dinámicos, (Capítulo 7), lo que evita los posibles errores asociados al nivel de agregación de paisaje.

Por otra parte, para tratar de solventar la difícil interpretación de los resultados, se ha planteado la realización de tres lecturas diferentes de los mismos. A este respecto, se ha realizado una primera **LECTURA ESTADÍSTICA**, en la que se interpretan los resultados numéricos de los índices (incrementos, estabildades, etc) en cada uno de los escenarios, así como en la situación del año 2004. A continuación, y tomando como base los resultados de la lectura estadística, se realiza una **LECTURA TRANSVERSAL** o morfológica de los escenarios, en la que se valoran los cambios en cada escenario a través de los cambios experimentados en cada uso dinámico, de tal forma que se ponen en relación los valores de las distintas métricas con los patrones de ocupación que cada uso presenta. Finalmente se realiza una **LECTURA TEMPORAL**, en la que se muestra el cambio de los valores de las métricas por uso y por escenario a lo largo del período de tiempo contemplado en el desarrollo de los escenarios. A través de estas tres lecturas se podrá adquirir una idea de los valores de cada uno de los índices, las implicaciones morfológicas que sobre cada escenario representan, y finalmente mostrar dichos cambios como parte de un proceso temporal que las métricas igualmente pueden recoger.

La valoración a través de los citados índices, constituirá de esta forma el instrumento para la determinación de las características espaciales de los escenarios generados por el modelo así como el valor de las mismas para la valoración y seguimiento de los cambios morfológicos en la ocupación urbana a una escala metropolitana.

8.3 LA SELECCIÓN DE UN CONJUNTO DE MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DEL CAMBIO

Para poder aplicar los índices o métricas para la valoración de los escenarios, es necesario afrontar en primer lugar un proceso de selección de los mismos, puesto que el número existente de ellos es elevadísimo, pudiendo existir literalmente cientos (Botequilha y Ahern, 2002). El principal problema reside en que muchos de los índices son redundantes (Li y Wu, 2004), básicamente porque todos derivan de un conjunto de medidas primarias como son el tipo de fragmento, el área del mismo, los bordes y la vecindad (Botequilha *et al*, 2006). Es por ello que múltiples autores han trabajado en la identificación y selección de un conjunto de métricas independientes (Riitters, O'Neill, Hunsaker, Wickham, Yankee, Timmins, Jones y Jackson, 1995; Cain, Riitters y Orvis, 1995), generalmente a partir de análisis de componentes principales que permitan identificar nuevas métricas que recogen la mayor parte de la varianza mostrada por todas las métricas.

Algunas de estas propuestas de grupos de métricas quedan recogidas en la Tabla 8-1 (Berling-Wolf y Wu, 2004b; Alberti y Marzluff, 2004, entre otros), aunque, como se señala en Parker *et al* (2001), no existe un conjunto de métricas comúnmente aceptado para su empleo en estudios de fenómenos urbanos, puesto que el significado de cada métrica puede variar en función de las características del paisaje a estudiar.

De todo el conjunto disponible⁶, han sido seleccionadas un grupo de ellas para la valoración de las características espaciales de los escenarios en lo que respecta a fragmentación, forma/compacidad y aislamiento o dispersión, en función de la capacidad de las mismas para evaluar tendencias espaciales (van Beusekom, 2003; Botequilha *et al*, 2006) así como de su aplicación en otros trabajos de análisis de características espaciales en áreas urbanas (Herold *et al*, 2005). Así pues, finalmente el conjunto de índices seleccionados es el siguiente:

Patch Number (PN): El número de teselas es la métrica más sencilla que nos puede dar una idea de la medida en que un uso se encuentra dividido o fragmentado. Únicamente consiste en identificar el número de teselas individuales existentes de cada uno de los usos identificados. Por tanto nos orienta acerca de la fragmentación que cada uso presenta en los distintos escenarios.

Medium patch size (MPS): El tamaño medio de fragmento o tesela para un uso nos da la superficie media de las manchas individuales de un uso determinado (McGarigal y Marks, 1995) para los distintos usos urbanos dinámicos contemplados en el modelo de simulación. Junto con el PN, aporta información acerca de la fragmentación del uso en cuestión, de tal forma que un incremento del PN y una disminución del MPS revelarán un incremento de la fragmentación.

Compacidad media de los fragmentos (MRGYR): Esta métrica, también denominada radio de giro, aporta una idea de la compacidad de los diferentes fragmentos, o en sentido inverso, de su elongación. Es la media para todos los fragmentos de un mismo uso del valor del parámetro radio de giro (RGYR o GYRATION). Este parámetro se calcula para cada fragmento como la distancia de cada píxel al centroide de dicho fragmento. Cuanto más cercanos a la forma del círculo son estos fragmentos, menores serán los valores del RGYR y mayor será su compacidad. En sentido contrario, un mayor valor mostrará una mayor elongación de los fragmentos. Es necesario destacar que este índice se encuentra

⁶ La cantidad de métricas disponible para su cálculo en el software FRAGSTATS, con el que se han obtenido los resultados presentados en este trabajo, es ingente, por lo que es necesario seleccionar de entre un conjunto muy amplio.

influenciado por el tamaño de los fragmentos, de tal forma que incrementos en el MPS, generalmente se traducen en una mayor elongación o incremento del MRGYR.

SHAPE: El índice shape es una métrica que aporta información de la complejidad geométrica de los fragmentos. Mide la relación entre el perímetro de un fragmento y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área, de tal forma que mayores valores de este índice muestran un incremento de la complejidad de las formas del mismo. Al contrario que para el caso del RGYR, este índice no es sensible al tamaño de mancha. Aporta también por tanto una medida de la compacidad de los fragmentos.

Euclidian distance to nearest neighbour (ENN): ENN aporta información acerca del grado de aislamiento de los distintos fragmentos, medido como la distancia media en metros a las teselas más próximas del mismo tipo. Aplicado al análisis de entornos urbanos esta métrica puede aportar una idea de la proximidad de los fragmentos del mismo tipo de uso. Una disminución de sus valores puede suponer la aparición de nuevos fragmentos en el caso de usos que se encuentran muy aislados, mientras que por el contrario su incremento puede suponer la agregación de múltiples fragmentos que se encontraban muy cercanos.

Mean Proximity Index (MPI): El MPI, desarrollado por Gustafson y Parker (1994) viene dado por el valor medio para cada tipo de categoría de ocupación o uso del denominado índice de proximidad (PI), el cual equivale a la suma de las áreas en m² de los fragmentos de un uso existentes a una distancia dada del fragmento inicial, dividida entre la suma de las distancias mínimas al cuadrado entre esos fragmentos y el inicial. Esta métrica es por tanto sensible al incremento del tamaño de mancha, como sucede en el caso del RGYR. Aporta información acerca de la proximidad /aislamiento de los distintos usos.

Como revelan las definiciones del conjunto de métricas seleccionado, la justificación de su elección reside en la capacidad de las mismas para garantizar la valoración de los ya citados aspectos de Fragmentación, forma/compacidad y aislamiento/dispersión de los usos urbanos. La Figura 8-2 muestra las características valoradas por cada métrica. En tonos de azul se muestran aquellas métricas que hacen referencia principalmente a la fragmentación de los usos urbanos, en verde, aquellas que muestran, la compacidad/forma de los mismos, y en naranja, las que tienen que ver con las características de aislamiento/proximidad.

Para poder obtener los resultados de cada uno de los índices, ha sido necesaria la cartografía de ocupación de los diferentes usos dinámicos, la cual había sido generada como resultado de las simulaciones generadas por el modelo (Capítulo 7). Esta cartografía ha sido importada en el software FRAGSTATS (Mcgarigal y Marks, 1995), (para una descripción del mismo ver Capítulo 2) el cual ha permitido la obtención de las distintas métricas. Además de los valores para los distintos escenarios, se han calculado igualmente los índices para la situación existente en el año 2004, de tal forma que pueda ser mostrada como elemento de referencia de los cambios espaciales introducidos por cada uno de ellos.

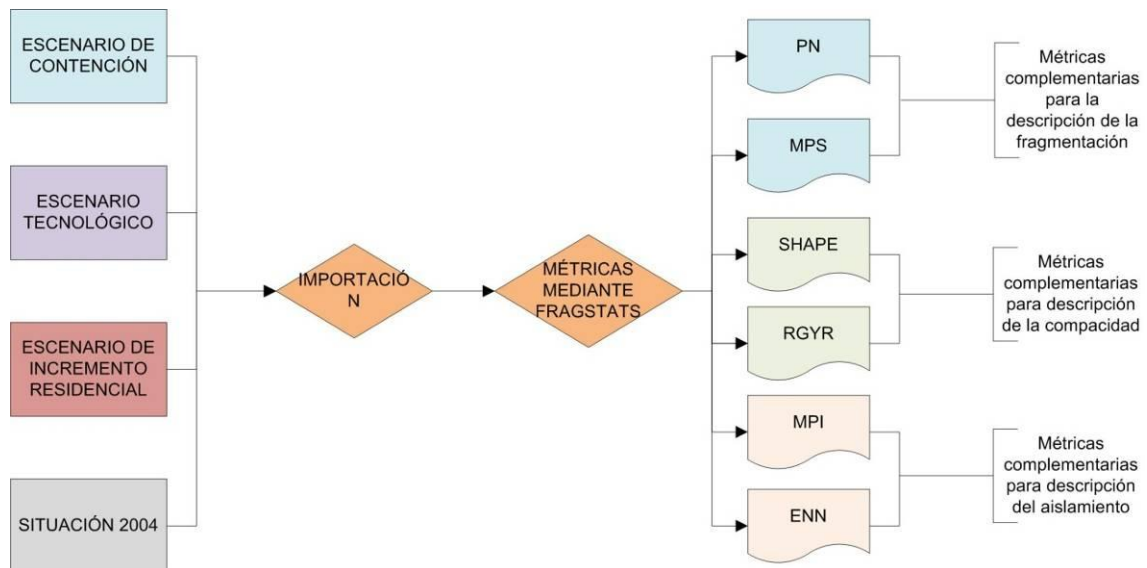


Figura 8-2: Esquema metodológico de análisis de los escenarios futuros de ocupación urbana a través de índices o métricas de análisis espacial.

8.4 LOS RESULTADOS DE LAS MÉTRICAS PARA LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS FUTUROS.

8.4.1 LA LECTURA ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS

La primera lectura o interpretación de los resultados de los índices o métricas de análisis espacial se ha denominado lectura estadística, puesto que en ella principalmente se valoran métrica a métrica los cambios en los valores de los índices, tanto a nivel absoluto como en porcentaje, con respecto a los valores de los mismos en el año 2004, tomado como año de partida para la realización de las simulaciones.

8.4.1.1 EL PN O NÚMERO DE FRAGMENTOS

El PN o número de fragmentos o teselas aporta información acerca de la cantidad de fragmentos urbanos que existen de cada uno de los distintos usos. Si se observa la Figura 8-3, se puede apreciar el valor del PN para cada uno de los usos dinámicos en los 3 escenarios futuros y en la situación existente en 2004.

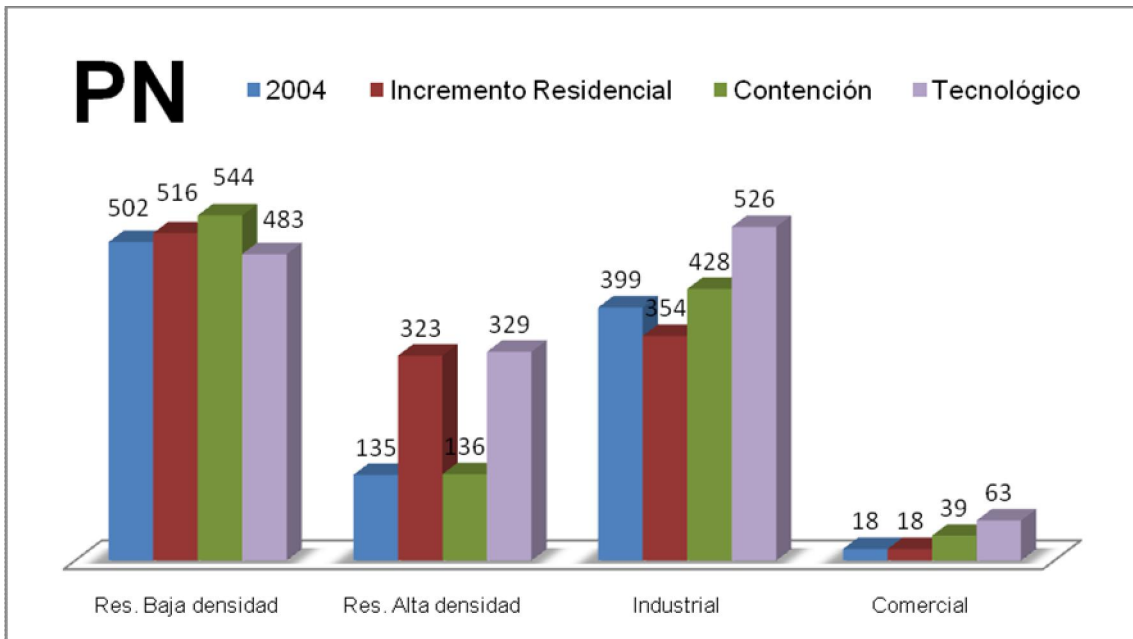


Figura 8-3: Comparativa de los Valores de PN en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano

En tonos de azul podemos observar los valores del PN para cada uno de los usos dinámicos en el año 2004, mientras que en los demás colores se observan los resultados para los distintos escenarios generados.

Una primera valoración de los resultados muestra una importante transformación de los valores del PN especialmente en los usos residencial de alta densidad y en el uso industrial y comercial.

La mayor parte de estos cambios suponen un incremento de los valores del PN, espacialmente en el caso del escenario tecnológico con un crecimiento del PN asociado a los tres citados usos. Se puede inferir pues que se produce una mayor dispersión de estos usos en el citado escenario tecnológico, hecho que queda plasmado en la aparición de nuevos fragmentos de esos usos.

En este sentido, la Figura 8-4 muestra algunos de los nuevos fragmentos de zonas industriales y comerciales generados en el escenario tecnológico con respecto a la situación en 2004, en el entorno de la ronda de circunvalación de la ciudad de Granada (A-44 y A-395) (a la izquierda) y de la A-92G y la N.432 (derecha).

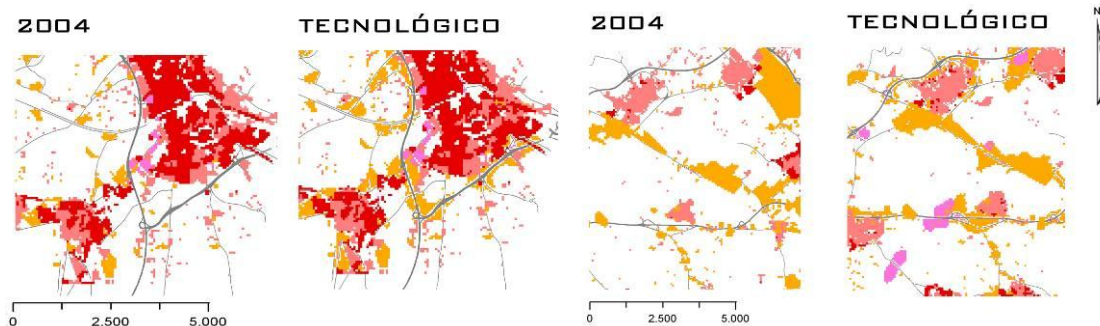


Figura 8-4: Aparición de nuevos fragmentos de áreas comerciales e industriales en el escenario tecnológico, en el entorno de la ciudad de Granada y Armilla así como en el eje de la A-92G y la N-432.⁷

En lo que respecta al escenario de incremento de la ocupación urbana resulta especialmente destacable el hecho de que experimenta un importante crecimiento del PN en el caso del uso residencial de alta densidad, que muestra un incremento en su fragmentación a través de la aparición en este escenario de nuevas zonas de alta densidad en los núcleos de la corona metropolitana (Figura 8-5), de acuerdo con el patrón de crecimiento en urbanizaciones asignado (Capítulo 7). Mientras, el uso comercial no muestra ningún cambio con respecto a la situación de 2004, y el uso residencial disperso sufre un pequeño incremento. El uso industrial por su parte ve disminuido el número de fragmentos que lo constituyen como consecuencia de la agrupación de áreas o fragmentos, dando lugar a algunos continuos de zonas industriales, especialmente en el entorno de la vía N-432.

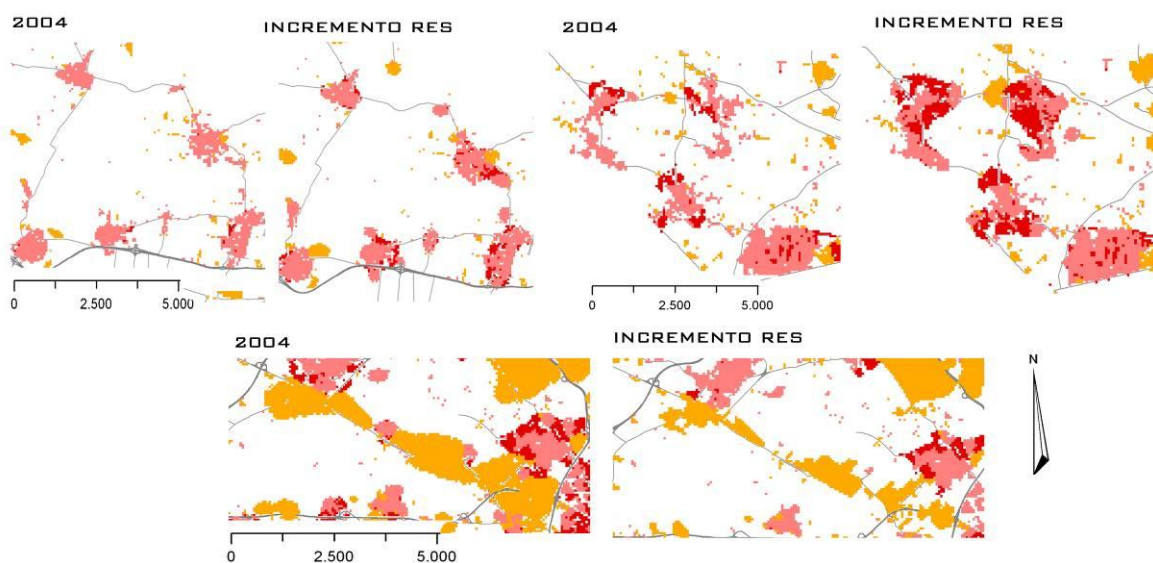


Figura 8-5: Crecimientos residencial de alta densidad en los núcleos de Fuente Vaqueros, Valderrubio, Chauchina y Láchar (1); y en el entorno de Purchil, Ambroz y Belicena (2). 3 Expansión de áreas industriales en torno a la vía N 432

En el caso del escenario contención observamos un incremento moderado del valor del PN para la mayor parte de los usos dinámicos (por debajo del 10 % excepto en el uso comercial, en el que es mayor). En este sentido, se dobla el número de fragmentos de uso comercial y se incrementa ostensiblemente el valor de esta métrica en el caso del suelo residencial de baja densidad e industrial.

⁷ Las categorías de leyenda y sus respectivas claves de color en esta así como en todas las cartografías de este capítulo son las mismas que en las cartografías del capítulo anterior.

Los usos industrial y comercial ven incrementado su número de fragmentos por seguir un patrón de ocupación nodal que tiende a localizar los crecimientos en aquellos nodos en los que no existe una presencia previa de los mismos usos (Figura 8-6), y por tanto menos saturados (Capítulo 4), que acumulan la mayor parte de los cambios que tienen lugar. Por ello se puede afirmar que se produce un incremento de la dispersión de ambos usos industrial y comercial, junto con el residencial de baja densidad, aunque éste en menor medida.

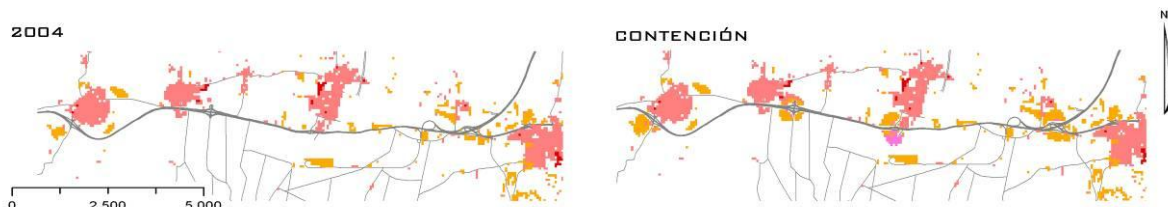


Figura 8-6: Incremento del número de fragmentos de usos comercial e industrial en el entorno de la A 92, (núcleos urbanos de Chauchina, Láchar y Cijuela)

Para finalizar la comparativa de los diferentes escenarios, y los cambios en la dispersión urbana introducidos por cada uno de ellos, la Figura 8-7 muestra de forma resumida el porcentaje de cambio de los valores del PN para los distintos escenarios referidos al total existente en el año 2004.

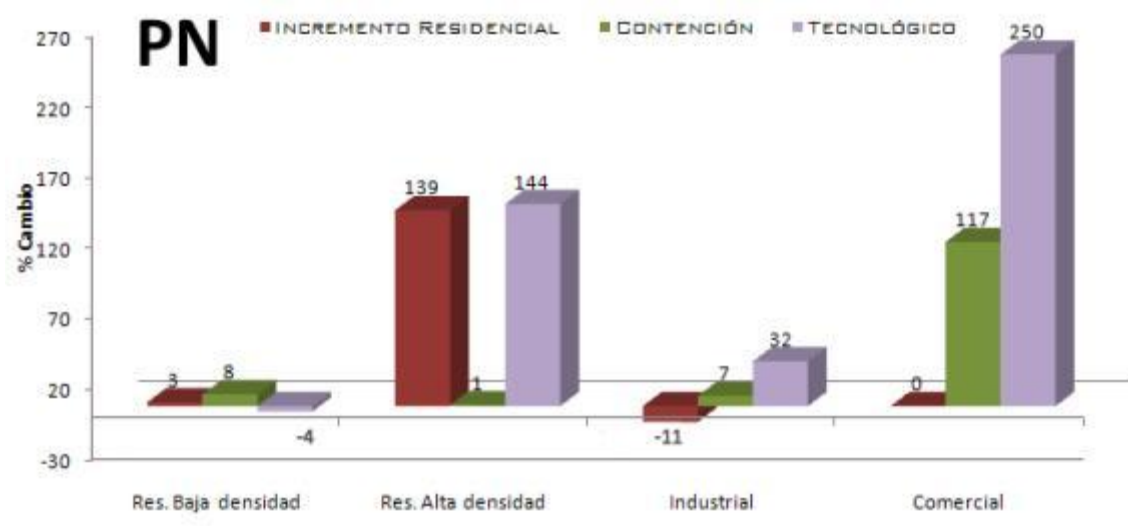


Figura 8-7: Variación en % del valor del PN por uso y escenario.

Claramente se desprende de la figura cómo el escenario tecnológico supone el mayor incremento del número de fragmentos urbanos, especialmente en lo que respecta al uso residencial de alta densidad y al uso comercial, este último con el mayor incremento.

El caso del escenario de incremento de la ocupación urbana supone por otra parte un importante aumento en el número de fragmentos del uso residencial de alta densidad, como ya se puso anteriormente de manifiesto, con un incremento de casi el 140 %. En el caso del uso industrial, el proceso de crecimiento en agregación supone una reducción del PN superior al 10 %.

Por su parte el escenario de contención únicamente introduce un cambio considerable en lo que al PN se refiere para el caso del uso comercial, que por otra parte supone en superficie el uso de menor

importancia, por lo que se puede concluir que introduce como escenario el menor incremento de la fragmentación urbana

8.4.1.2 EL MPS O TAMAÑO MEDIO DE LOS FRAGMENTOS

El MPS o tamaño medio de las teselas o fragmentos (Figura 8-8) es la métrica complementaria del PN, puesto que juntamente con ella puede proporcionar una idea de la dispersión/fragmentación de los usos presentes en el paisaje. Así pues, los incrementos de la fragmentación estarán asociados a incrementos del número de teselas y de disminución de los tamaños medios de las mismas.

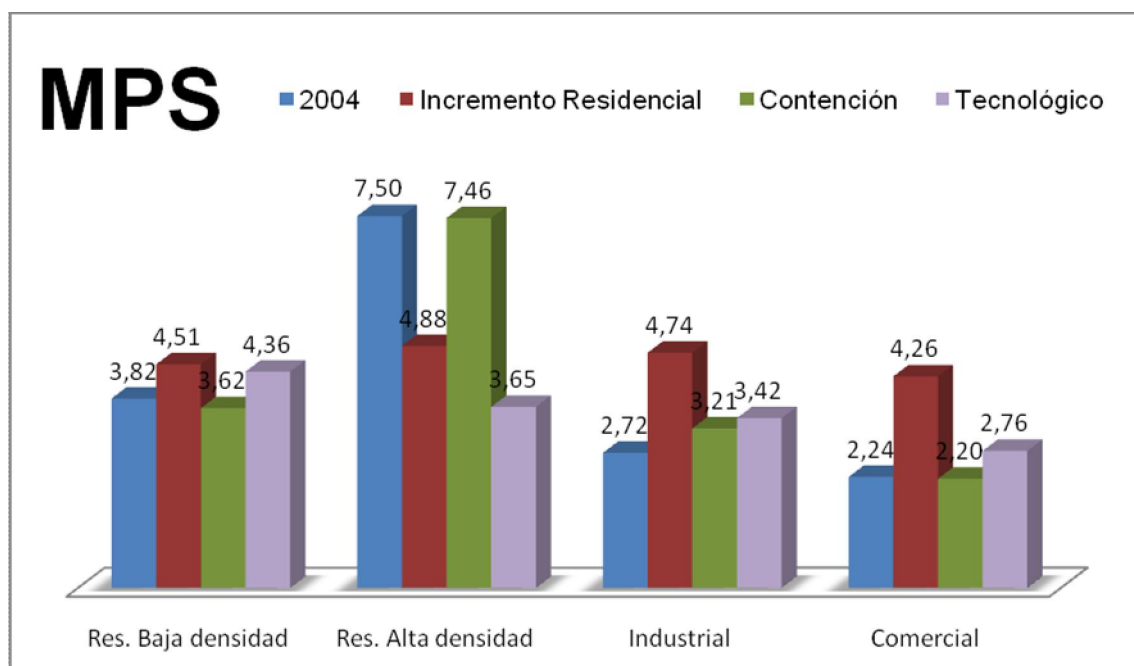


Figura 8-8: Comparativa de los valores del MPS en los distintos escenarios y en 2004, por uso urbano

Se observa, al comparar los valores de los tres escenarios con la situación existente en 2004, como el escenario de contención es el que presenta un menor cambio en lo que al tamaño medio de las teselas se refiere, con unos valores muy similares a los de 2004.

Por su parte, en el escenario de incremento de la ocupación urbana se puede señalar que existe un incremento importante de los tamaños medios de los distintos fragmentos de todos los usos, a excepción del uso residencial de alta densidad. Este comportamiento aparece asociado a los crecimientos de acuerdo con el patrón en urbanizaciones implementado en el modelo para los usos residenciales de alta y baja densidad, y los patrones agregados para el resto.

En el caso de los usos residenciales de alta densidad, la aparición de nuevos "paquetes" de acuerdo con el patrón de urbanizaciones, supone una disminución de los tamaños medios de los fragmentos de este uso, que en 2004 únicamente se encontraba formado por las zonas urbanas de la ciudad de Granada, que presentaban un tamaño de fragmento más elevado. Por su parte las áreas residenciales de baja densidad, con un bajo valor del MPS en 2004 ven incrementar los valores medios con motivo de la aparición de los nuevos crecimientos en urbanizaciones (Figura 8-9) de un tamaño algo más elevado.

Por su parte, el incremento del MPS para los usos industriales es achacable al patrón de ocupación agregado implementado para este uso.

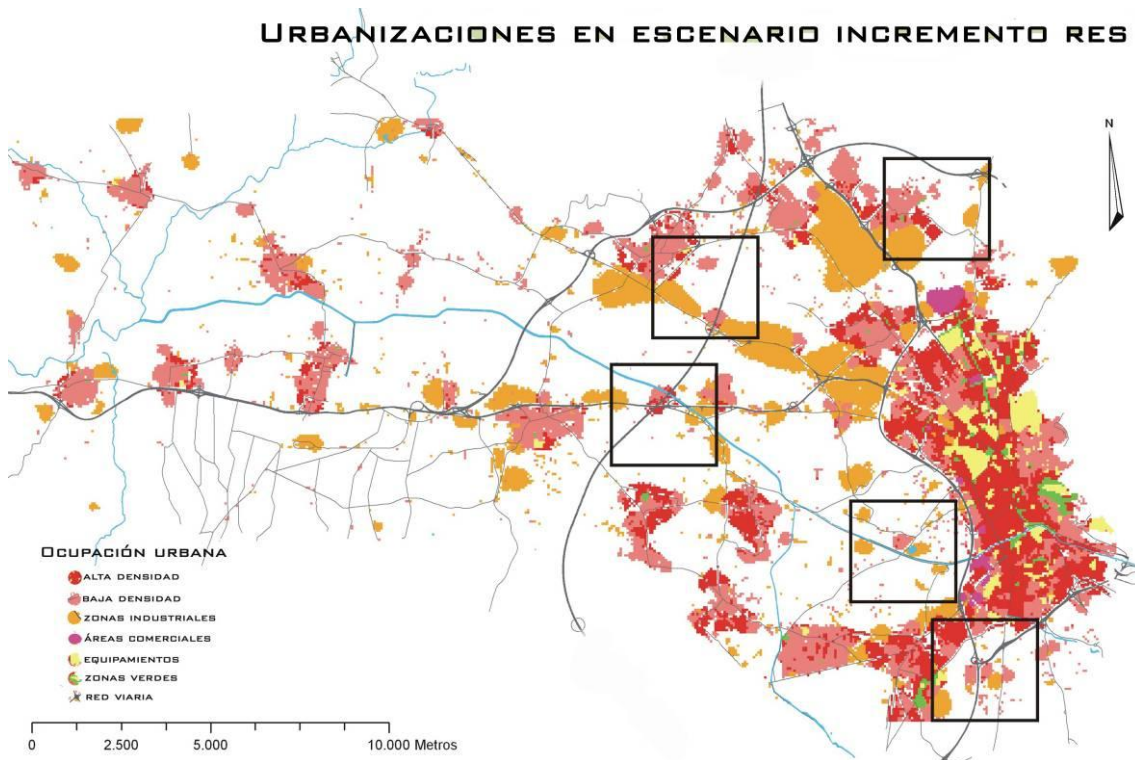


Figura 8-9: Algunas de las urbanizaciones de suelo residencial (alta y baja densidad) que surgen como nuevos fragmentos independientes en el escenario de incremento residencial.

El escenario tecnológico mantiene unos valores del MPS similares a los mostrados en el año 2004 a excepción especialmente de los usos residenciales de alta densidad, que ven disminuido el valor del MPS a la mitad aproximadamente. De acuerdo con la descripción llevada a cabo en el capítulo 7, en este escenario, este uso presenta un crecimiento en urbanizaciones que conlleva la disminución del tamaño de fragmentos, como ya se ha indicado para el caso del escenario de incremento de la ocupación residencial

En el caso de los usos industriales se produce también un incremento del tamaño medio de las teselas, lo que unido al incremento del PN revela un acentuado incremento de la ocupación urbana por parte de este uso, que aunque por una parte genera un mayor número de fragmentos, por otra parte también incrementa el tamaño medio de los mismos. Este hecho se explica desde un proceso de agregación de muchos de fragmentos a lo largo de los más importantes ejes viarios (Figura 8-10), como la A92 y A92G o la N 432, unido a la aparición de nuevos fragmentos en los mismos entornos.

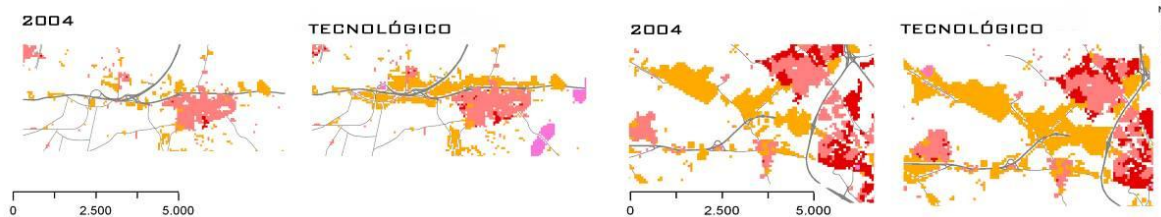


Figura 8-10: Incremento del tamaño de los fragmentos industriales en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé, y en el entorno de la N432.

El escenario de contención muestra unos valores muy similares a los de la situación en 2004. El mayor cambio en este sentido tiene lugar en el uso industrial, que ve incrementado su tamaño medio, de acuerdo con las nuevas áreas industriales que surgen por ejemplo en el entorno de la A92 (anterior Figura 8-6) de acuerdo con el patrón de ocupación nodal, que con un tamaño considerable suponen un incremento del MPS. En cualquier caso, este escenario puede ser definido como el escenario de menor modificación de los tamaños medios de los fragmentos urbanos, con valores muy similares a los existentes en 2004

Este hecho se puede constatar en la Figura 8-11 en la que se puede observar como es el escenario de incremento de la ocupación urbana es el que introduce un mayor cambio en los valores del MPS, con incrementos de cerca del 75 % en el caso del uso industrial, del 80 en el comercial o de cerca del 20 en el residencial de baja densidad, mientras que genera una disminución del MPS para el suelo residencial de alta densidad de casi el 35 %.

Por su parte el escenario tecnológico destaca principalmente en la disminución de los valores para el suelo residencial de alta densidad (51 %), con un cambio en los demás usos que oscila entre el 14 y el 26 %. El escenario de contención apenas presenta una modificación importante, salvo en el comentado incremento para el caso del uso industrial, que se sitúa en el 18 %.

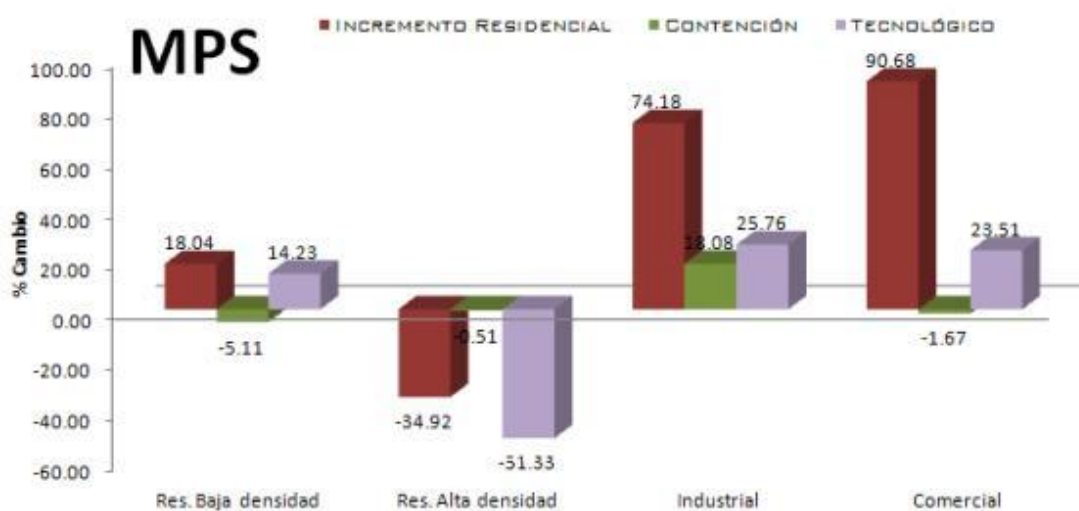


Figura 8-11: Variación en % del valor del MPS por uso y escenario.

8.4.1.3 LA COMPACIDAD DE LOS FRAGMENTOS MRGYR:

Este índice, aporta una medida de la compacidad de las teselas de un determinado uso. Cuando más compactas (similares a un círculo) menor será el valor de esta métrica, y por tanto cuanto más elongadas sean, mayor será su valor. La Figura 8-12 muestra sus valores para los diferentes escenarios.

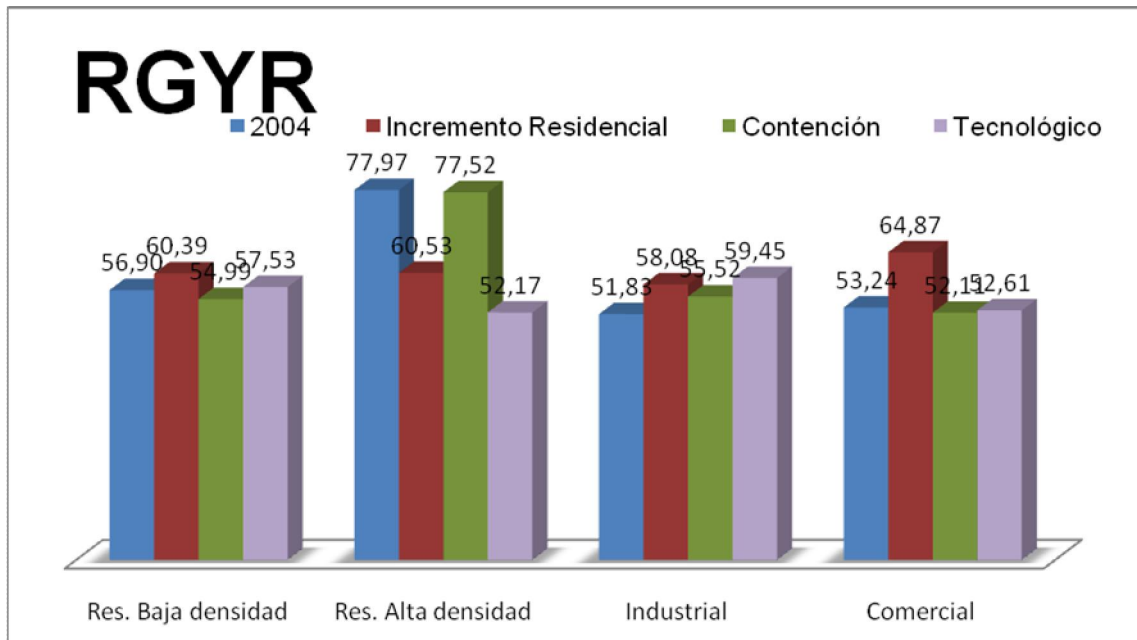


Figura 8-12: Comparativa de los Valores de RGYR en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano

En primer lugar se puede destacar el hecho de que las principales diferencias existentes en el MRGYR con respecto a la situación en el año 2004, se encuentran en el suelo residencial de alta densidad, que muestra una importante disminución de sus valores para los escenarios de incremento de la ocupación urbana y tecnológico. Este hecho implica que este uso presenta en ambos escenarios unos fragmentos más compactos en su forma, es decir más próximos a la forma del círculo, lo que se explica de acuerdo con el patrón en urbanizaciones.

Otros de los valores destacables del cambio (Figura 8-13) lo constituye el incremento de la elongación del uso industrial para el escenario tecnológico. En este escenario, el crecimiento industrial se asocia principalmente a patrones de ocupación lineales, que al tener formas muy alargadas suponen un incremento importante del valor de esta métrica.

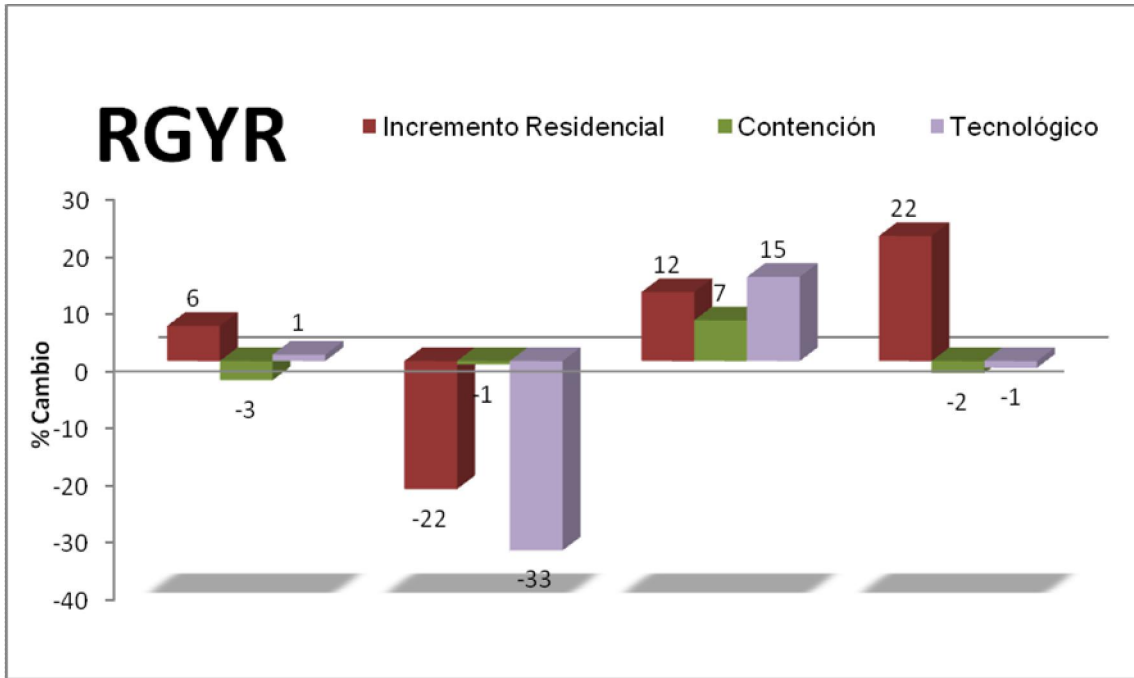


Figura 8-13: Variación en % del valor del RGYR por uso y escenario

8.4.1.4 EL ÍNDICE SHAPE

El índice Shape informa de la complejidad de la forma de las teselas que componen cada uso, de tal forma que complementa la información mostrada en el índice anterior. Básicamente los resultados observados en el análisis de esta métrica son coincidentes con los mostrados por el RGYR, aunque existen ciertos matices, (Figura 8-14), entre ellos un porcentaje de variación menor (Figura 8-15).

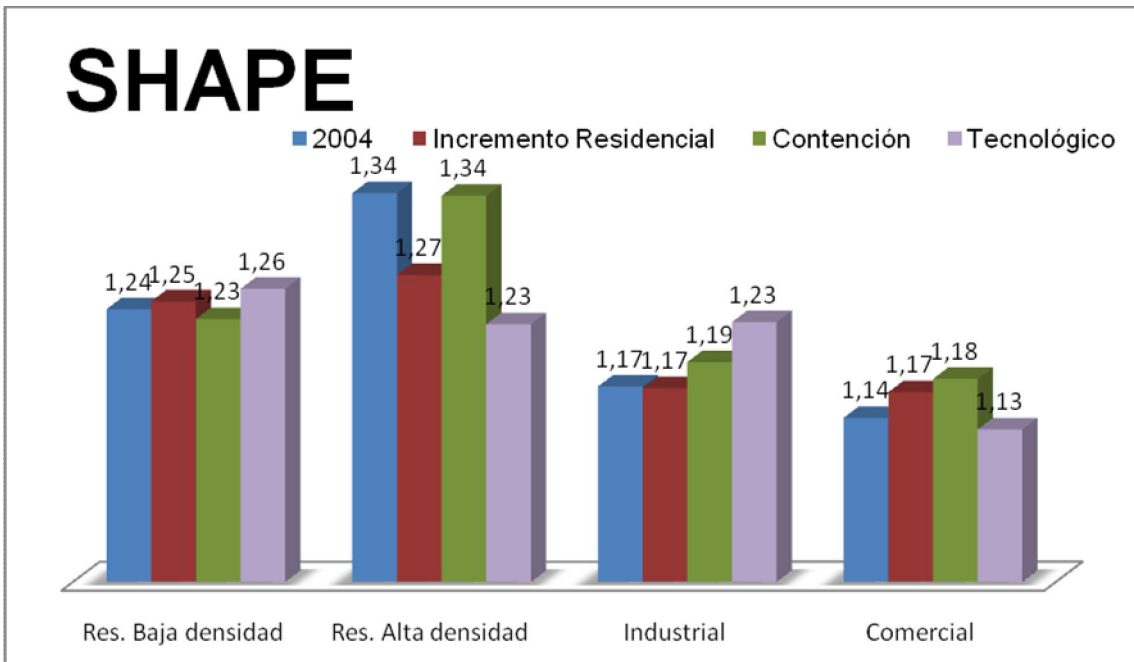


Figura 8-14: Comparativa de los Valores de SHAPE en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano

Los resultados muestran que los mayores cambios tienen lugar en el caso del suelo residencial de alta densidad en el escenario tecnológico, que se sitúan en todo caso por debajo del 10 %, y siempre con un comportamiento muy similar al de la métrica anterior. Estos descensos muestran una disminución de la complejidad de las manchas, tendentes a formas más cercanas a las del círculo, propias de los patrones en urbanizaciones, como sucede en el caso del suelo residencial de alta densidad en los escenarios tecnológico y de incremento en la ocupación, caracterizados por este patrón.

Por otra parte el incremento del índice SHAPE mostrado en el uso industrial en el escenario tecnológico muestra unas formas más alejadas de la forma del círculo, de acuerdo con el patrón lineal que marcan los crecimientos de este uso en ese escenario.

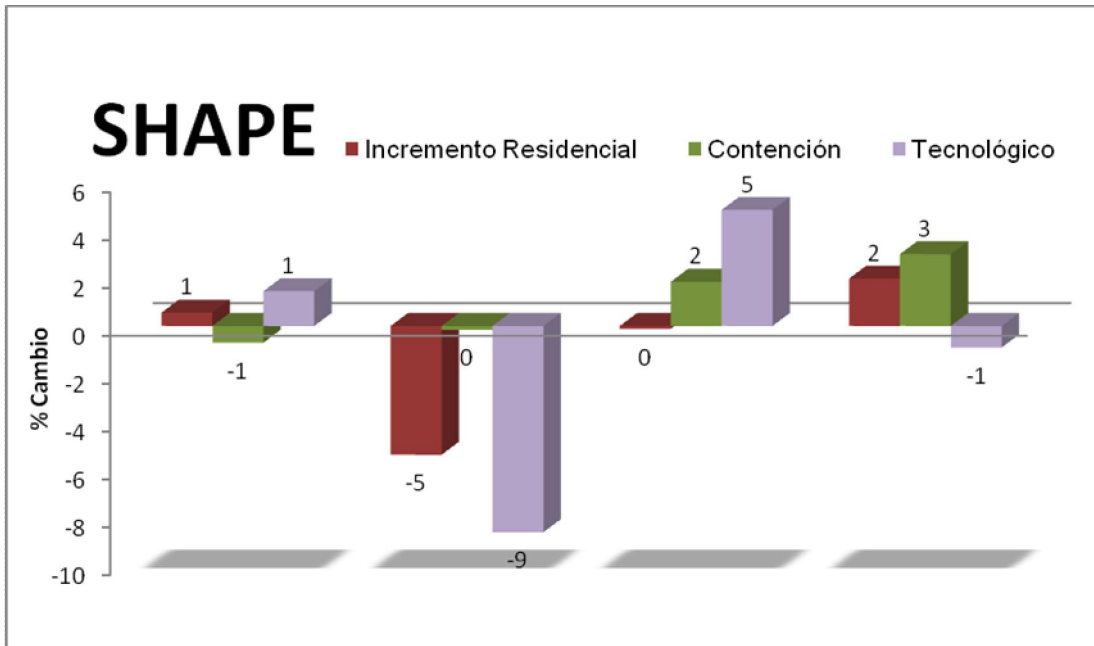


Figura 8-15: Variación en % del valor del SHAPE por uso y escenario

8.4.1.5 LA DISTANCIA MEDIA AL VECINO MÁS PRÓXIMO (ENN).

El índice ENN informa acerca de la media de las distancias de los distintos fragmentos de cada uso a sus vecinos más próximos, formando parte así del grupo de métricas que describen el aislamiento/segregación de los distintos usos urbanos. Una disminución de los valores de esta métrica implica una menor distancia media a los fragmentos más próximos, lo que puede sugerir un menor aislamiento de los mismos. En caso de usos muy concentrados, como puede ser el uso residencial de alta densidad, la aparición de nuevos fragmentos de ese uso generará una disminución de los valores del índice. Por el contrario, en situaciones de usos constituidos por fragmentos de muy pequeño tamaño, los procesos de agregación de los mismos, puede generar un incremento del ENN. La Figura 8-16 muestra los valores de esta métrica en los distintos escenarios.

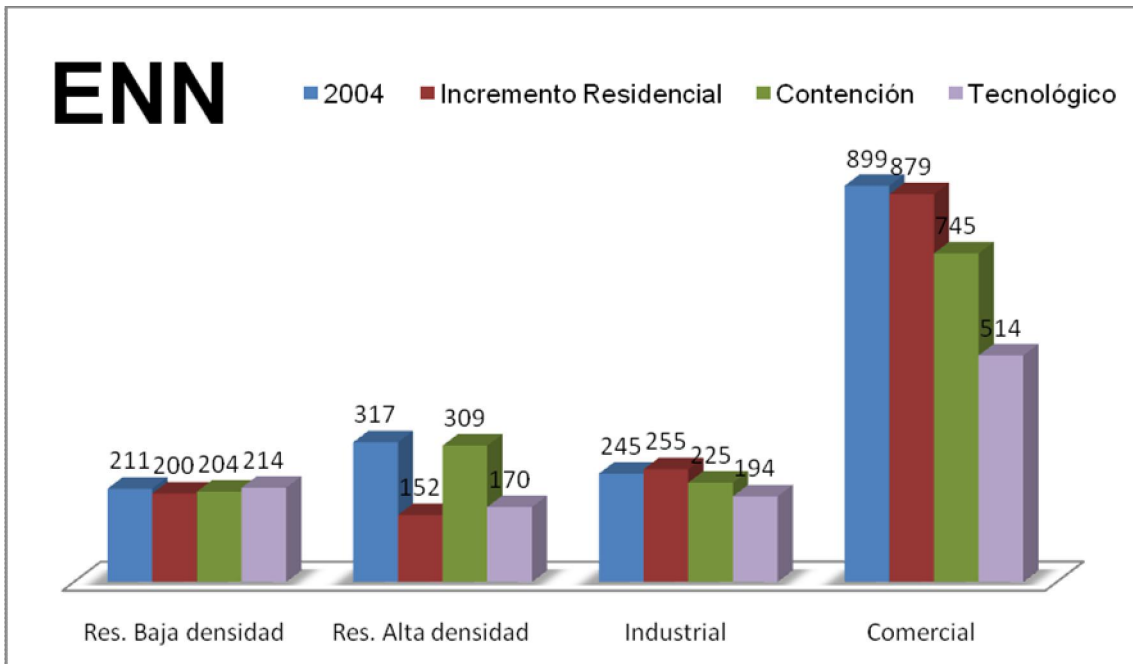


Figura 8-16: Comparativa de los Valores de ENN en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano

Se puede apreciar como los cambios experimentados en los distintos usos son en primer lugar de menor magnitud que para las métricas PN y MPS (a excepción del comportamiento del uso comercial), y especialmente en lo que respecta a los usos residencial de baja densidad e industrial, que permanecen bastante similares en los tres escenarios con respecto a los datos de 2004. Por el contrario los valores de cambio son de mayor magnitud que en el caso de los índices SHAPE o RGYR,

Los principales cambios se observan en el suelo residencial de alta densidad para los escenarios de incremento de la ocupación urbana y tecnológico con una importante disminución de las distancias medias a las fragmentos más cercanos (Figura 8-17) (52 y 46 % respectivamente). Este hecho se explica por la mayor dispersión de este uso, con la creación de nuevos fragmentos con patrón de ocupación en urbanizaciones

En lo que respecta al comportamiento del uso comercial, es dispar en los distintos escenarios. En el escenario de incremento de la ocupación urbana se planteaba un crecimiento agregado de las distintas zonas comerciales, y por ello los valores del ENN apenas se modifican en este escenario. Por su parte, para el escenario de contención, la proliferación de nuevas zonas comerciales más dispersas (patrón nodal) supone una disminución del valor del ENN por la existencia de mayores fragmentos urbanos de este uso, unos más cerca de otros. Este mismo hecho sucede también, aunque de una forma más acentuada, en el caso del escenario tecnológico en el que el incremento del número de fragmentos (PN) de uso comercial (el más alto de todos los incrementos de esta métrica, ver Figura 8-7), genera a su vez la disminución del ENN más acusada de los tres escenarios.

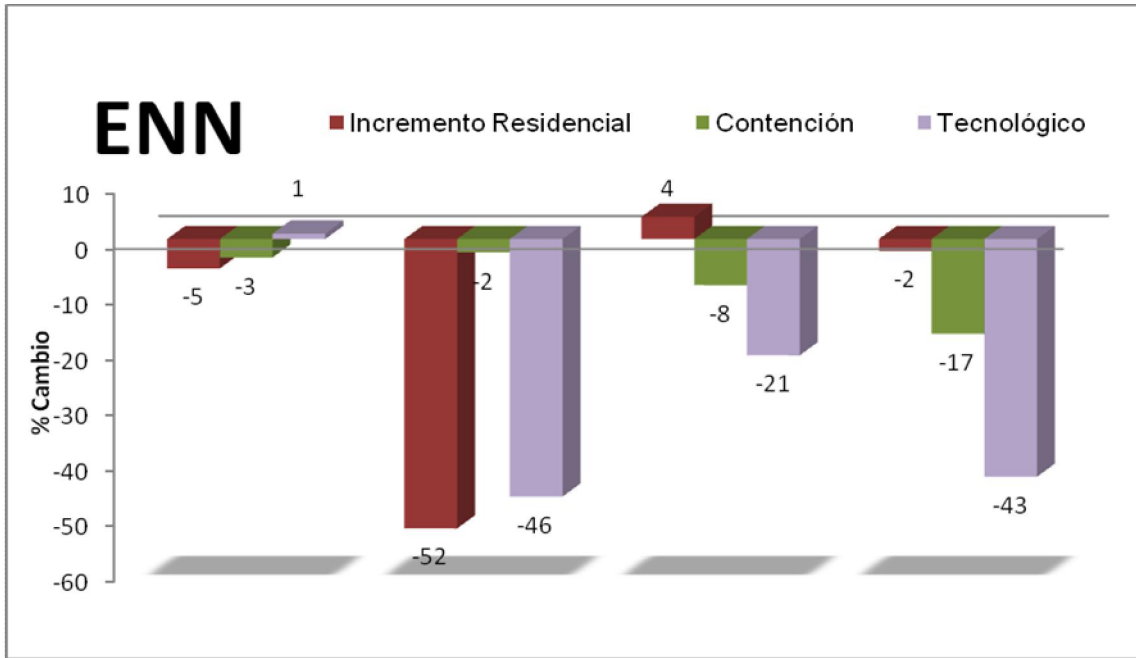


Figura 8-17: Variación en % del valor del ENN por uso y escenario

8.4.1.6 EL ÍNDICE MEDIO DE PROXIMIDAD MPI

El índice MPI es la última de las métricas empleadas en la valoración, aportando igualmente una idea del aislamiento de los distintos fragmentos urbanos existentes. Para su cálculo es necesario establecer un valor de radio de búsqueda dentro del cual se tendrán en cuenta los fragmentos urbanos existentes, y que en este caso se ha fijado en 500 metros.

La Figura 8-18 muestra los valores del MPI para los diferentes escenarios y usos, entre los que destacan los altos valores del suelo residencial de alta densidad y el importante crecimiento de los valores del uso industrial en el escenario tecnológico.

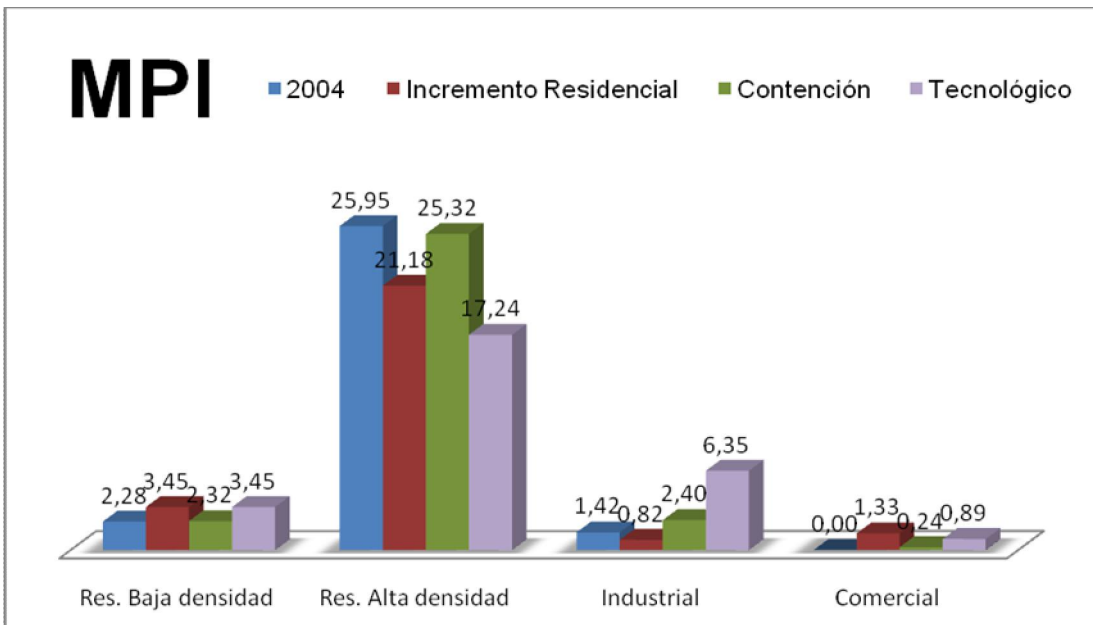


Figura 8-18: Comparativa de los Valores de MPI en los distintos escenarios y en 2004, para cada uso urbano

En lo que respecta a los valores del suelo residencial de alta densidad, estos valores altos muestran un uso muy concentrado en un espacio reducido para el año 2004 (los usos residenciales de alta densidad apenas se podían encontrar fuera de la ciudad de Granada, Figura 8-19).

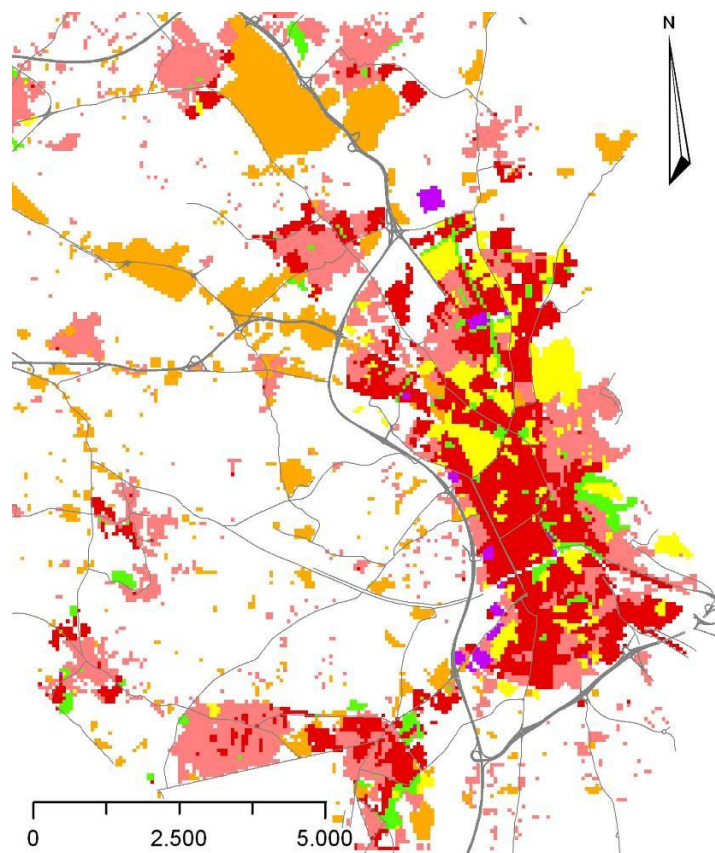


Figura 8-19: Los suelos residenciales de alta densidad (en tonos oscuros de rojo) se concentran en el año 2004 en la ciudad de Granada y muy levemente en algunos núcleos de la primera corona como Armilla o Maracena.

La importante disminución de dichos valores en los escenarios tecnológico y de incremento de la ocupación urbana (del 34 y 18 % respectivamente) (Figura 8-20) refleja una mayor dispersión de este uso, que comienza a aparecer en diferentes núcleos del AUG, especialmente en el escenario tecnológico y en menor medida en el escenario de incremento residencial, debido a los patrones en urbanizaciones más dispersos para el mismo.

Sin embargo, el mayor cambio introducido en esta métrica se produce en el escenario tecnológico, en el uso industrial, con un espectacular incremento de prácticamente el 350 %. La razón de este importante crecimiento se encuentra en el patrón de crecimiento lineal implementado en el modelo para los nuevos crecimientos de este uso, la cual implica, como ya se ha señalado anteriormente, una unión de distintos fragmentos dispersos de áreas industriales cercanas a las vías metropolitanas, a través de patrones lineales de ocupación en el entorno de las mismas.

Este mismo uso industrial por el contrario presenta una disminución del MPI en el caso del escenario de incremento de la ocupación urbana, ocasionada por el importante descenso del número de fragmentos provocado por el patrón agregado del uso para este escenario..

Por otra parte, incrementos importantes también los constituyen los relativos al suelo residencial de baja densidad, que en el caso del escenario tecnológico y de incremento de la ocupación urbana se

sitúan en torno al 50 %. Estos incrementos, si tenemos en cuenta que los valores del ENN únicamente disminuían en un porcentaje mínimo, pueden achacarse más que a una mayor dispersión, a un mayor tamaño medio de mancha, el cual influye en los valores del MPI.⁸

Finalmente, el uso comercial ve incrementado el valor del MPI en los tres escenarios, puesto que partía de una situación de un valor nulo para la situación en 2004. El incremento mostrado en esta métrica, junto con el descenso del ENN sugiere una mayor distribución de los fragmentos de este uso a lo largo del territorio de la AUG.

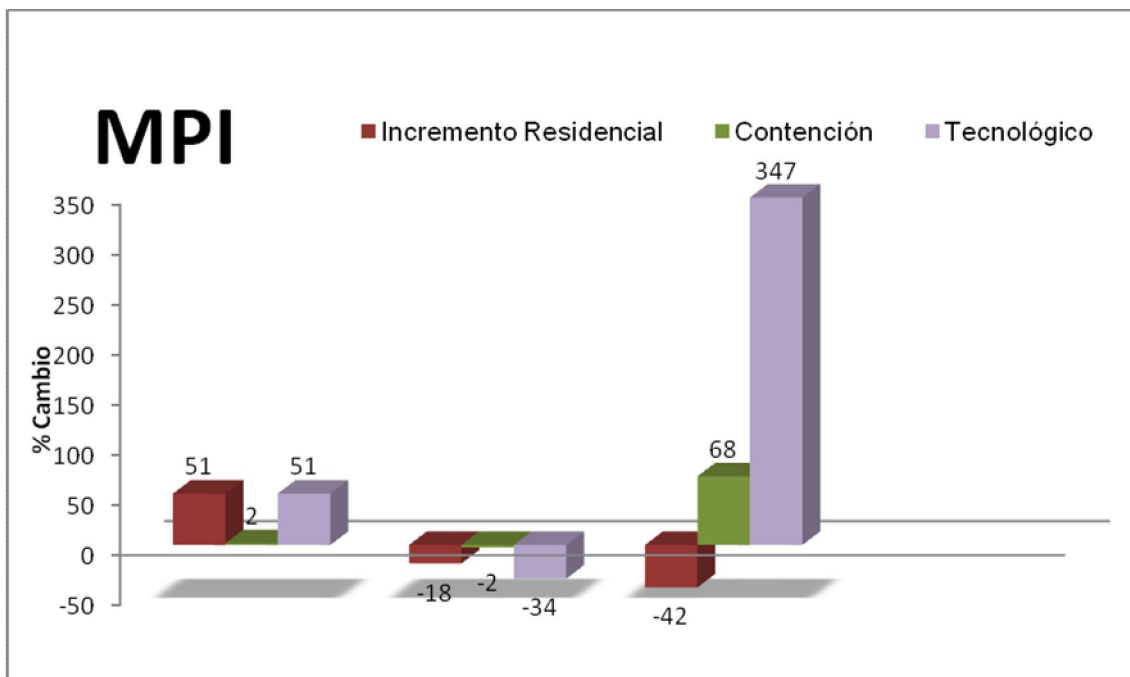


Figura 8-20: Variación en % del valor del MPI por uso y escenario

8.4.2 LA LECTURA TRANSVERSAL: VALORACIÓN GENERAL DE LOS ESCENARIOS

Una vez presentada la lectura estadística inicial de las métricas para los diferentes escenarios y sus usos dinámicos, la siguiente lectura que se lleva a cabo de las mismas consiste en una valoración transversal de los escenarios a través del conjunto de todas las métricas presentadas en los análisis anteriores. Este análisis tiene como objetivo mostrar las principales características espaciales y morfológicas de cada uno de los escenarios proporcionadas por los distintos patrones de ocupación urbana, y valorar de forma comparativa el comportamiento de cada uno de los patrones que configuran los escenarios propuestos.

Para ello se ha optado por mostrar la variación que cada una de las métricas ha mostrado con respecto al valor existente en 2004 en cada uno de los escenarios. La Figura 8-21 recoge los cambios mostrados en los valores por escenario. En esta figura se han representado los tres escenarios en tres columnas, en las que se representan igualmente los usos dinámicos de cada escenario y el patrón de ocupación que lo caracteriza. Por su parte, en filas se han representado los índices seleccionados para el análisis de los escenarios, de tal forma que en cada una de las celdas de la tabla construida, se representa, mediante

⁸ Como se señaló anteriormente, el incremento del MPS implica incrementos del MPI

una clave de colores, el cambio que los resultados de cada métrica supone con respecto a los valores existentes para 2004. De esta forma, a través de la lectura en columnas, se puede obtener una idea de los cambios mostrados en las métricas para cada uso dinámico (y su patrón correspondiente).

A partir de los datos mostrados por la figura, se presenta la valoración de los escenarios.

VARIACIÓN MÉTRICAS CON RESPECTO A 2004

MÉTRICA	ESCENARIO											
	INCREMENTO RESIDENCIAL				TECNOLÓGICO				CONTENCIÓN			
	RES. BAJA DENSIDAD	RES. ALTA DENSIDAD	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RES. BAJA DENSIDAD	RES. ALTA DENSIDAD	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RES. BAJA DENSIDAD	RES. ALTA DENSIDAD	INDUSTRIAL	COMERCIAL
	URBANIZ	URBANIZ	AGREGA	AGREGA	AGREGA	URBANIZ	LINEAL	NODAL	AGREGA	AGREGA	NODAL	NODAL
PN	Green	Red	Light Blue	Green	Light Blue	Red	Red	Red	Light Pink	Green	Light Pink	Red
MPS	Light Pink	Blue	Red	Red	Light Pink	Blue	Red	Red	Light Blue	Green	Light Pink	Green
RBYR	Light Pink	Blue	Light Pink	Red	Green	Blue	Light Pink	Green	Green	Green	Light Pink	Green
SHAPE	Green	Light Blue	Green	Green	Green	Light Blue	Light Pink	Green	Green	Green	Green	Green
ENN	Light Blue	Blue	Light Pink	Green	Green	Blue	Light Blue	Blue	Green	Green	Light Blue	Blue
MPI	Red	Blue	Blue	White	Red	Blue	Red	White	Green	Green	Red	White







	INCREMENTO LEVE (4-10 %)		INCREMENTO ACUSADO (> 20 %)		DISMINUCIÓN LEVE (4 -12 %)
	INCREMENTO MODERADO (10-20%)		SIN VARIACIÓN(± 3%)		DISMINUCIÓN MODERADA O ACUSADA (> 12 %)

Figura 8-21: Valoración global de los escenarios

8.4.2.1 ESCENARIO DE CONTENCIÓN:

En la Figura 8-21 queda de manifiesto cómo es el escenario de contención el que menor modificación de los valores de las métricas introduce, debido a la alta presencia de valores catalogados como "sin alteración" (tonos verdes). Este hecho viene a mostrar una escasa modificación del patrón de ocupación actual, especialmente en lo que hace referencia a los suelos residenciales.

Por su parte el suelo industrial muestra un cambio de patrón (nuevos crecimientos de carácter nodal) con respecto al existente en 2004, como queda reflejado en un incremento del número de fragmentos (PN) y de su tamaño medio (MPS) (nuevas zonas industriales en los entornos de algunos nodos viarios). En lo que respecta a la compacidad de los fragmentos y su complejidad, aportada por las métricas RGYR y SHAPE, los resultados son más difíciles de interpretar. El incremento del RGYR puede ser achacado a un mayor MPS, dada la influencia que tiene sobre ella. En cualquier caso el escaso crecimiento de los valores del SHAPE (que es del 2 %) supone una pequeñísima mayor elongación de los fragmentos, y por tanto una menor compacidad, que es poco significativa.

Por otra parte la mayor distribución del uso industrial en el ámbito de estudio, especialmente en aquellos nodos (patrón nodal) que previamente no se encontraban ocupados por zonas industriales, supone una disminución de las distancias de unos fragmentos con respecto a otros, que queda de manifiesto especialmente en el incremento del índice de proximidad medio, y en la ligera disminución del ENN.

Los nuevos crecimientos del uso comercial de acuerdo con el patrón nodal, consiguen modificar de forma global los patrones de ocupación de este uso, con un incremento del número de fragmentos (PN) a la vez que la distancia al fragmento más próximo (ENN) se ve disminuida de forma sustancial y el índice de proximidad incrementado, lo que sugiere una mayor distribución de este uso en el territorio, que anteriormente se encontraba únicamente concentrado en lugares muy alejados unos de otros.

Se observa de esta forma en este escenario una estabilidad manifiesta en lo que a los patrones de ocupación de los suelos residenciales tiene lugar, mientras que para el caso de los suelos industriales y comerciales los cambios en las características espaciales son importantes, como se muestra en las alteraciones de los valores de las métricas o índices de análisis espacial. Estos cambios muestran en este escenario una tendencia a una mayor dispersión de ambos usos, con un mayor número de fragmentos de los mismos y que además ven incrementado su tamaño medio. Ambos valores revelan un proceso de formación de nuevos paquetes urbanos de estos tipos de usos, que en este caso, se producen de acuerdo con el patrón nodal. Igualmente, su mayor distribución a lo largo de los diferentes nodos del AUG se ve traducida en una disminución de la distancia media a los fragmentos más próximos, especialmente en el caso del uso comercial.

8.4.2.2 ESCENARIO TECNOLÓGICO:

Este escenario introduce un cambio importante en los patrones de ocupación de una forma mucho más acusada que para el caso del escenario de contención. Probablemente uno de los cambios más destacados lo constituye el uso industrial, cuyos nuevos crecimientos en este escenario se caracterizaban por un patrón de ocupación lineal, el cual se pone de manifiesto a través de los resultados de las distintas métricas.

En este sentido se produce un incremento del número de fragmentos (PN) de este uso industrial a la vez que se produce un incremento del tamaño medio de los mismos. Este hecho revela una proliferación de este uso (con mayor número de fragmentos) a la vez que se produce un incremento del tamaño medio de los mismos (MPS) por la unión de fragmentos existentes (Figura 8-10). Por otra parte se produce un importante incremento de la elongación de los fragmentos (subida del valor de RGYR y SHAPE) lo que sugiere unos fragmentos urbanos de este uso más alargados, que concuerdan con este patrón lineal simulado en el modelo.

El uso comercial, con un crecimiento implementado basado en un patrón nodal, muestra una mayor distribución a lo largo del territorio, que se traduce principalmente en un incremento del número de fragmentos (PN), del MPS y en una disminución de la distancia media a los fragmentos más próximos (ENN).

Para el caso del uso residencial de alta densidad, se puede observar en este escenario un importante cambio de su patrón de ocupación, tendente a una mayor fragmentación y dispersión, que pasa de una situación en 2004 en la que prácticamente la ciudad de Granada aglutina todo el suelo de este tipo, a una proliferación de nuevos fragmentos en el entorno de los núcleos de la corona metropolitana, de acuerdo con un patrón en urbanizaciones. Este hecho se pone de manifiesto a través del incremento del número de fragmentos (PN) y la disminución de su tamaño medio (MPS) y de la distancia media al fragmento más cercano (ENN). El MPI, que en principio podría esperarse más elevado por la disminución del ENN, disminuye con motivo de la disminución acusada del tamaño de los fragmentos. Este mismo hecho provoca la disminución del RGYR, también sensible al tamaño de la mancha. Por su parte, el SHAPE muestra unos valores que muestran unos fragmentos más cercanos a la forma del círculo, que concuerdan con un patrón de ocupación espacial en urbanizaciones.

Finalmente el crecimiento de acuerdo con el patrón agregado para el uso residencial de baja densidad se traduce en un incremento de los tamaños medios (MPS) así como del MPI y el RGYR (sensibles al tamaño de los fragmentos), a la vez que muestra una disminución del número de teselas (PN) como consecuencia de la agregación de fragmentos aislados que se integran como consecuencia del patrón de crecimiento.

Este escenario muestra un importante cambio en el patrón espacial de la mayor parte de los usos dinámicos, especialmente en el uso industrial así como en el residencial de alta densidad. El primero de ambos experimenta un crecimiento que lo conduce a un patrón lineal, que se puede observar en el incremento del tamaño de los fragmentos y de su número, a la vez que encontramos una mayor elongación en los mismos (formas alargadas), de acuerdo con los valores del SHAPE y del RGYR y de las distancias que separan sus fragmentos (ENN). El uso residencial de alta densidad, de acuerdo con el patrón en urbanizaciones simulado, muestra un incremento del PN y una disminución del resto de índices, que muestra su mayor dispersión, mientras que para el residencial de baja densidad los índices apuntan a su crecimiento agregado, tal y como se proponía en la simulación del modelo. Finalmente el uso comercial, que debía mostrar un patrón nodal, muestra una mayor dispersión a lo largo del ámbito de la AUG con un mayor número de fragmentos, mayor MPS y disminución del ENN. Sin embargo, e igual que en el caso del escenario anterior, no es posible distinguir a través de los índices si el crecimiento es nodal o por ejemplo se produce en urbanizaciones, con similares características espaciales y morfológicas.

8.4.2.3 ESCENARIO DE INCREMENTO DE LA OCUPACIÓN URBANA

La última valoración de los escenarios a nivel transversal se corresponde con el denominado escenario de incremento de la ocupación. Al igual que en el caso del escenario tecnológico, este escenario introduce importantes cambios en el patrón de ocupación como revela la Figura 8-21, reflejados en la mayor parte de los índices.

Comenzando por el suelo industrial, se puede observar un cambio de patrón, hacia un patrón más agregado, que se pone de manifiesto por la disminución del número de fragmentos (PN) así como por un incremento del tamaño medio de los mismos (MPS), el incremento de la distancia a los fragmentos más próximos (ENN) y la disminución del MPI. La elongación (RGYR) en este caso se ve incrementada por el fuerte incremento del MPS mostrado, debido a su influencia sobre el mismo, sin que sea especialmente relevante.

Una tendencia similar muestra el crecimiento del suelo comercial ya que se pone de manifiesto un incremento del tamaño medio de fragmento (MPS) y disminución del PN (aunque muy leve), a la vez que se incrementa el MPI, aunque la distancia a los fragmentos más próximos (ENN), se mantiene más o menos constante.

El suelo residencial de alta densidad por su parte, al igual que en el caso del escenario tecnológico, sufre un importante proceso de fragmentación y dispersión a lo largo del territorio de la AUG como consecuencia del patrón de crecimiento en urbanizaciones, como muestra el incremento del PN y la disminución moderada de los tamaños de fragmento (MPS) y de la distancia media al fragmento más próximo (ENN). Los valores más bajos del RGYR, y MPI se justifican por la fuerte disminución de los tamaños de fragmento, mientras que la caída del SHAPE muestra unas formas más redondeadas propias del patrón en urbanizaciones.

Finalmente, el suelo residencial de baja densidad presenta un comportamiento un tanto más complejo de interpretar, debido a un incremento generalizado de todas las métricas a excepción de la distancia al fragmento más próximo, que se mantiene más o menos constante. En este sentido un incremento del PN y del MPS sugiere tanto un crecimiento del número de fragmentos, ocasionado por una mayor dispersión propia del patrón en urbanizaciones, así como una mayor agregación. Este hecho puede estar motivado por el proceso de agregación de ciertos fragmentos urbanos al tener lugar la formación de los nuevos paquetes en urbanizaciones. En este sentido parece también apuntar algunas de las demás métricas, como son RGYR y el SHAPE, que muestran un incremento motivado por el aumento del tamaño medio de fragmento, o un incremento aunque leve del MPI, debido al mayor tamaño de los fragmentos en urbanizaciones.

A modo de resumen del escenario de incremento residencial, se deben señalar en primer lugar los cambios espaciales de los usos industrial y residencial de alta densidad. En el caso del residencial de alta densidad, con un patrón en urbanizaciones, se presenta un comportamiento idéntico al descrito en el caso del escenario tecnológico. Por su parte, el uso industrial, al igual que el comercial, muestra un cambio de ocupación hacia un patrón agregado, como se implementaba en la simulación realizada. Este cambio queda patente a través del fuerte incremento del MPS con una reducción o estabilidad del PN, mientras que tanto el ENN y el MPI no muestran cambios sustantivos. Finalmente el uso residencial de baja densidad, que debía mostrar un patrón en urbanizaciones, sin embargo parece mostrar un patrón más agregado, con un comportamiento similar al del uso comercial, siendo su interpretación más compleja.

8.4.3 LAS MÉTRICAS DE ANÁLISIS ESPACIAL COMO SIGNATURA DEL CAMBIO METROPOLITANO: LECTURA TEMPORAL.

Finalmente, la última de las lecturas o aproximaciones a mostrar, consiste en estudiar los cambios de los valores de las métricas o índices en distintos estadios de evolución de los escenarios, de tal forma que se pueda observar el cambio que los valores de cada métrica presentan a lo largo del proceso de generación del escenario en el tiempo.

Para ello ha sido necesario analizar los resultados intermedios de ocupación urbana de cada uno de los escenarios, correspondientes a dos momentos previos al resultado final del escenario. De acuerdo con lo establecido en el capítulo 7, cada una de las iteraciones del modelo de simulación se correspondía con un año del período de simulación, de tal modo que para realizar este análisis se han seleccionado las iteraciones correspondientes para los años 5 y 10 de las simulaciones, además del resultado final del modelo. La Figura 8-22 ilustra el proceso metodológico.

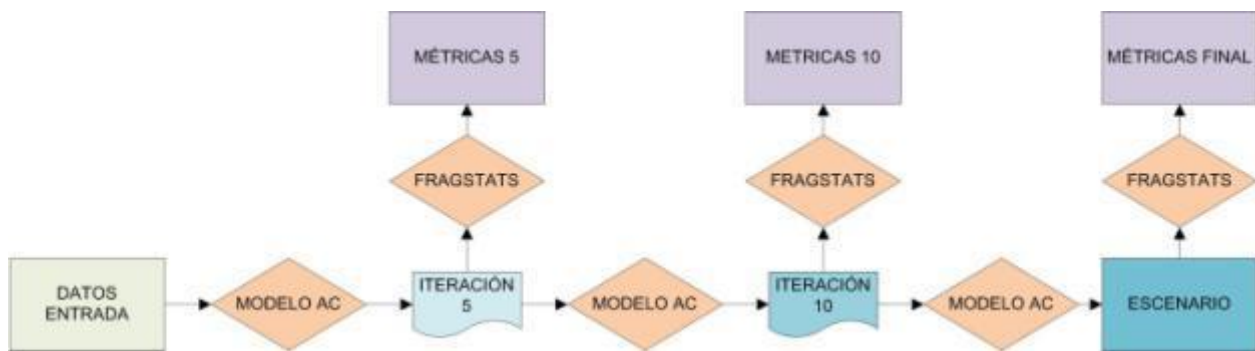


Figura 8-22: Proceso metodológico de estimación de la evolución temporal de las métricas en cada escenario.

Una vez obtenidas las diferentes métricas “intermedias” correspondientes a las 5 y 10 primeras iteraciones del modelo (o su equivalente en años) para cada uno de los escenarios, éstas se han representado de tal forma que se pueda observar su evolución comparada en los tres escenarios, como se puede observar en la Figura 8-23. Se puede obtener de esta forma una visión más clara que ilustre el proceso de cambio de patrón comentado en el epígrafe anterior.



Figura 8-23: Evolución de las métricas de análisis espacial a lo largo de las diferentes iteraciones en cada uno de los escenarios.

Al respecto de la Figura 8-23, es posible observar los procesos de cambio introducidos por los distintos escenarios con respecto al valor de las métricas existente en 2004. En este sentido, se perciben las diferentes alteraciones o modificaciones que aparecen en cada uno de los usos dinámicos a lo largo del tiempo simulado por los escenarios.

El principal valor de esta figura radica pues en mostrar los cambios introducidos en el patrón espacial, que ya han sido comentados anteriormente, como parte de un proceso continuo de cambio (a lo largo de las distintas iteraciones del modelo) que es recogido y monitorizado a través de los distintos índices empleados. Así por ejemplo, para los expuestos procesos de cambio del patrón espacial del uso residencial de alta densidad en los escenarios tecnológico y de incremento en la ocupación, se puede observar el proceso gradual de incremento del PN o disminución del MPS y del ENN. Por el contrario se observa claramente la estabilidad de este uso en el escenario de contención, que permanece prácticamente sin alteración a lo largo de las diferentes iteraciones del modelo.

Igualmente también es destacable la evolución del suelo industrial y su patrón lineal en el escenario tecnológico, con un progresivo incremento del valor por ejemplo del SHAPE o MPI y una disminución del ENN.

También existen algunas evoluciones más complejas, que muestran en principio incrementos muy acusados que posteriormente se reducen, a pesar de ser superiores finalmente a la situación de partida en 2004. Puede ser el ejemplo del uso comercial en el escenario tecnológico para la métrica SHAPE. Sin embargo, en la mayor parte de los cambios se observa que siguen un comportamiento de incremento o descenso gradual a lo largo de las diferentes iteraciones del modelo, que al fin y al cabo representan la evolución a lo largo de un conjunto de años.

En este sentido, se muestra la utilidad de las métricas para monitorizar el cambio metropolitano (Herold *et al*, 2003). Así, los diferentes índices podrían constituirse como un tipo de signatura del cambio espacial de los diferentes usos (Li *et al*, 2008), pudiendo formar parte de un observatorio metropolitano (van Beusekom, 2003; Wong, 2005), que registre los cambios en los patrones de ocupación espacial y ayude a comprender los procesos globales de los que forma parte.

8.5 RESUMEN Y CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS

Mostrados los resultados de los índices de análisis espacial a través de las tres lecturas, y con el objetivo de presentar de forma concisa los resultados de la valoración de los escenarios y sus diferentes patrones de ocupación, se presenta en este epígrafe un resumen de los resultados obtenidos así como las principales conclusiones derivadas de los mismos.

En primer lugar, se han construido para ello tres tablas resumen, una para cada uno de los escenarios (Tabla 8-2, Tabla 8-3 y Tabla 8-4) en las que se muestran los cuatro usos dinámicos junto con el patrón de ocupación implementado; las principales características y resultados obtenidos en la valoración de los mismos a través de las métricas en las tres lecturas, y una descripción del proceso de cambio que implica el patrón implementado que sintetiza el análisis, comprensión y monitorización de los cambios experimentados.

ESCENARIO	USO	PATRÓN	VALOR ÍNDICES	% VARIACIÓN 2004	EVOLUCIÓN	PROCESO	
ESCENARIO DE CONTENCIÓN	Residencial baja Densidad		PN	544	Incremento del 8 %		Leve incremento de la fragmentación del uso residencial de baja densidad, que se traduce en un incremento del número de fragmentos de este uso (+8 % PN) y de la disminución del tamaño medio de los mismos. Estabilidad en la mayor parte de las métricas.
			MPS	3.62	Disminución del 5%		
			RGYR	54.99	Disminución del 3%		
			SHAPE	1.23	Disminución del 1%		
			ENN	204	Disminución del 3 %		
			MPI	2.32	Incremento del 2 %		
	Residencial alta Densidad		PN	136	Incremento del 1 %		No existe una alteración del patrón de ocupación existente, eminentemente agregado. Los cambios en los valores de los índices son muy bajos, como mucho del 2 %, por lo que se mantienen las mismas características espaciales de este uso.
			MPS	7.46	Disminución del 0,5 %		
			RGYR	77.52	Incremento del 1 %		
			SHAPE	1.34	Estable		
			ENN	309	Disminución del 2 %		
			MPI	25.32	Disminución del 2 %		
	Industrial		PN	428	Incremento del 7 %		Se produce un cambio en el patrón de ocupación del uso industrial como demuestran los cambios en la mayor parte de los índices. Se muestra un mayor número de fragmentos (PN) y de mayor tamaño (MPS), que además se distribuyen más ampliamente por el ámbito de estudio (disminución del ENN e incremento del MPI), lo que puede ser atribuible a crecimientos de acuerdo con el patrón nodal o en urbanizaciones.
			MPS	3,21	Incremento del 18 %		
			RGYR	55.52	Incremento del 7 %		
			SHAPE	1.19	Incremento del 2 %		
			ENN	225	Disminución del 8 %		
			MPI	2.40	Incremento del 68 %		
	Comercial		PN	39	Incremento del 117 %		Al igual que para el uso industrial, los cambios recogidos por los diferentes índices, especialmente el PN y el ENN muestran una mayor dispersión y distribución de este uso por el ámbito de la AUG, aunque el comportamiento en este caso de ocupación nodal no puede ser discriminado de un posible patrón en urbanizaciones.
			MPS	2.20	Disminución del 1,5 %		
			RGYR	52.11	Disminución del 2 %		
			SHAPE	1.18	Incremento del 3 %		
			ENN ^{oooooooooooo}	745	Disminución del 17 %		
			MPI	0.24	No calculable (valor 0) en 2004)		

Tabla 8-2: Resumen de la valoración del escenario de contención de la ocupación urbana

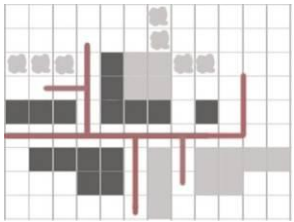






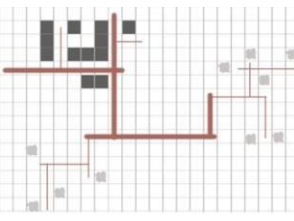





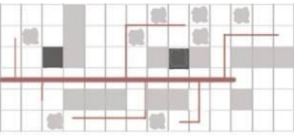





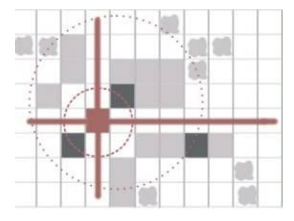






ESCENARIO	USO	PATRÓN	VALOR INDICES	% VARIACIÓN 2004	EVOLUCIÓN	PROCESO	
ESCENARIO TECNOLÓGICO	Residencial baja Densidad		PN	483	Disminución del 4%		Este uso muestra un leve proceso de incremento de la agregación, como revela la disminución del número de fragmentos y el incremento medio de los mismos. Pequeños fragmentos urbanos de baja densidad se agrupan entre sí por agregación dando lugar igualmente a un incremento del MPI.
			MPS	4.36	Incremento del 14%		
			RGYR	57.53	Incremento del 1%		
			SHAPE	1.26	Incremento del 1%		
			ENN	214	Incremento del 1%		
			MPI	3.45	Incremento del 51%		
	Residencial alta Densidad		PN	329	Incremento del 144%		Se produce un cambio del patrón del suelo residencial de alta densidad como revelan los cambios acusados en la mayor parte de las métricas. Mayor dispersión de este uso con incremento muy elevado del PN y disminución acusada del MPS. Igualmente, caída del ENN y del MPI que sugieren una mayor distribución de este uso en el territorio. Mayor compacidad con formas redondeadas propias del patrón en urbanizaciones.
			MPS	3.65	Disminución del 51%		
			RGYR	52.17	Disminución del 33%		
			SHAPE	1.23	Disminución del 9%		
			ENN	170	Disminución del 46%		
			MPI	17.24	Disminución del 34%		
	Industrial		PN	526	Incremento del 32%		Fuerte cambio del patrón de ocupación existente en 2004 para acercarse a un patrón de ocupación lineal como demuestran los incrementos tanto del MPS como del RGYR y SHAPE. Por su parte, la mayor cercanía de unas manchas a otras al formarse continuos urbanos lineales se demuestra con la caída del ENN.
			MPS	3.42	Incremento del 26%		
			RGYR	59.45	Incremento del 15%		
			SHAPE	1.23	Incremento del 5%		
			ENN	194	Disminución del 21%		
			MPI	6.35	Incremento del 347%		
	Comercial		PN	63	Incremento del 250%		El uso comercial muestra un incremento de su distribución en el territorio como se puede inferir del extraordinario incremento del número de fragmentos y de la disminución del ENN. Igualmente estos fragmentos ven incrementado su tamaño (incremento del MPS), por lo que se puede observar una tendencia a ocupar nuevas áreas de acuerdo con el patrón nodal
			MPS	2.76	Incremento del 26%		
			RGYR	52.61	Disminución del 1%		
			SHAPE	1.13	Disminución del 1%		
			ENN	514	Disminución del 43%		
			MPI	0.89	No calculable (valor 0) en 2004		

Tabla 8-3: Resumen de la valoración del escenario de especialización tecnológica e industrial

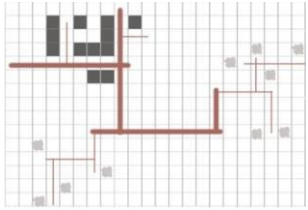


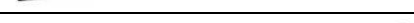


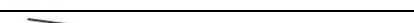
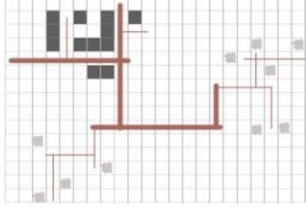

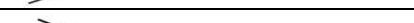




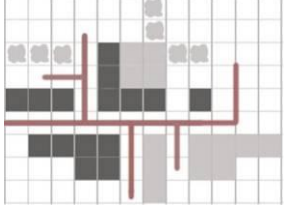

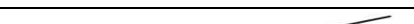


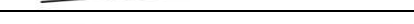

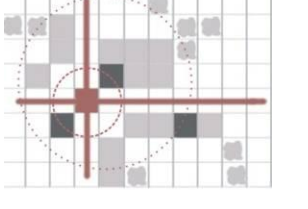

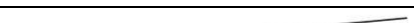



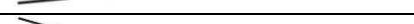
ESCENARIO	USO	PATRÓN	VALOR ÍNDICES	% VARIACIÓN 2004	EVOLUCIÓN	PROCESO	
ESCENARIO DE INCREMENTO RESIDENCIAL	Residencial baja Densidad		PN	516	Incremento del 3 %		El uso residencial de baja densidad muestra una evolución tendente a formar urbanizaciones que aglutinan algunos de los fragmentos dispersos existentes, lo que se traduce en un incremento del MPS y en la disminución del ENN. Este hecho se produce debido a la existencia de un uso ya de por sí muy fragmentado.
			MPS	4.51	Incremento del 18 %		
			RGYR	60.39	Incremento del 6 %		
			SHAPE	1.25	Incremento del 1 %		
			ENN	200	Disminución del 5 %		
			MPI	3.45	Incremento del 25 %		
	Residencial alta Densidad		PN	323	Incremento del 139 %		La mayor dispersión del uso residencial de alta densidad se pone de manifiesto en el incremento del PN así como en la disminución de todas las demás métricas que muestran un tamaño menor de fragmentos menor (MPS) con una menor distancia entre unos y otros (ENN) al encontrarse más dispersos.
			MPS	4.88	Disminución del 35 %		
			RGYR	60.53	Disminución del 22 %		
			SHAPE	1.27	Disminución del 5 %		
			ENN	152	Disminución del 52 %		
			MPI	21.18	Disminución del 18 %		
	Industrial		PN	354	Disminución del 11 %		El uso industrial muestra un patrón de ocupación que se hace más agregado como se manifiesta en el incremento del MPS y la caída del PN, a la vez que aumenta el ENN y se reduce el MPI. Se generan así fragmentos de mayor tamaño por agregación de fragmentos existentes que se encuentran ahora más aislados unos de otros.
			MPS	4.74	Incremento del 74 %		
			RGYR	58.08	Incremento del 12 %		
			SHAPE	1.17	Estable		
			ENN	255	Incremento del 4 %		
			MPI	0.82	Disminución del 42 %		
	Comercial		PN	18	Estable		Este uso parece mantener el mismo patrón existente, sin que exista una evolución hacia un patrón nodal más distribuido por el territorio, como se debería producir de acuerdo con el patrón que se pretendía representar en el modelo. Únicamente se produce un aumento de tamaño de los fragmentos existentes.
			MPS	4.26	Incremento del 91 %		
			RGYR	64.87	Incremento del 22 %		
			SHAPE	1.17	Incremento del 2 %		
			ENN	879	Disminución del 2 %		
			MPI	1.33	No calculable (valor 0) en 2004)		

Tabla 8-4: Resumen de la valoración del escenario de incremento de la ocupación urbana residencial

A la vista del resumen de la valoración de los escenarios y de los resultados de los análisis obtenidos a lo largo del capítulo, a continuación se presentarán las conclusiones obtenidas:

- Es posible plantear el análisis de formas y patrones de ocupación urbana a través del empleo de métricas de análisis espacial, empleadas generalmente en la ecología del paisaje, como así lo revela el análisis de la literatura presentado y los resultados obtenidos.
- En este sentido, se puede afirmar que las métricas de análisis espacial empleadas han permitido detectar variaciones que van desde muy acusadas hasta leves, en las diferentes formas de ocupación representadas por los tres escenarios simulados por el modelo.
- El empleo de la triple lectura estadística, transversal y temporal favorece la interpretación de los cambios cuantitativos en los valores de las métricas como procesos de cambio metropolitano.
- La interpretación de los resultados de los análisis muestran que la mayor parte de los patrones de ocupación introducidos en el modelo se han implementado eficazmente, de tal forma que las métricas permiten detectar como la inmensa mayoría de los usos urbanos tiende a crecer de acuerdo con los patrones asignados.
- Dependiendo de la situación de partida, los cambios conducentes a un mismo patrón deben ser interpretados de forma diferente, de acuerdo con un escenario previo que refleje dicha situación.
- Las métricas permiten monitorizar el cambio en los usos urbanos a lo largo del tiempo, a través de su seguimiento temporal, lo que permite identificar procesos metropolitanos de cambio.
- Las métricas empleadas pueden constituirse como un conjunto de indicadores para un observatorio del cambio temporal en áreas metropolitanas, que detecte posibles tendencias o nuevas formas y modelos de ocupación.

9. LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS SOBRE LA FUNCIÓN DEL PAISAJE: LA CONECTIVIDAD

RESUMEN

En el presente capítulo se presenta la valoración de los diferentes impactos o consecuencias sobre el paisaje agrario inducidas por los diferentes escenarios futuros generados. Para ello se ha recurrido a la estimación de la conectividad paisajística, como instrumento para la identificación de las alteraciones introducidas sobre la función del paisaje, que a su vez estarán estrechamente ligadas con la estructura del mismo.

La estimación de la conectividad se ha realizado desde el enfoque de la conectividad funcional, empleando para ello superficies de fricción y algoritmos de coste-distancia, que permitirán cartografiar los valores de conectividad para todo el ámbito de estudio en los diferentes escenarios generados, y realizar diferentes comparaciones de los mismos, de tal forma que se puedan valorar e inferir criterios de ocupación menos agresivos con la función del paisaje.

Palabras clave: Conectividad, ecología del paisaje, SIG, escenarios futuros, transectos de conectividad

ABSTRACT

In this chapter, the impact of the three different simulated scenarios on the connectivity of the agricultural landscape is presented. To evaluate these impacts, a GIS based tool has been developed. Using this tool, connectivity change maps were obtained for each scenario. Finally, the resulting connectivity values have been compared using several methods, such as area specific connectivity profiles of the study area.

Keywords: Connectivity, landscape ecology, GIS, future scenarios, connectivity profile

ÍNDICE DE CAPÍTULO

9.	LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS SOBRE LA FUNCIÓN DEL PAISAJE: LA CONECTIVIDAD.....	260
9.1	INTRODUCCIÓN	264
9.2	LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA. CONTEXTO TEÓRICO	264
9.3	METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA. LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA EN EL AÑO 2004.....	267
9.3.1	LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN.....	267
9.3.2	LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS FUENTE.	279
9.3.3	LA OBTENCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE CONECTIVIDAD.	281
9.4	LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS FUTUROS A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA.	284
9.4.1	LOS VALORES DE CONECTIVIDAD	284
9.4.2	LA COMPARACIÓN GLOBAL DE LOS ESCENARIOS.....	288
9.4.3	EL EMPLEO DE LOS TRANSECTOS PARA LA COMPARACIÓN DE LOS ESCENARIOS.....	297
9.5	CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS	306

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 9-1:	Proceso metodológico para la estimación de la conectividad ecológica de acuerdo con el método de la distancia ponderada.....	266
Figura 9-2:	Componentes de la superficie de fricción	268
Figura 9-3:	Decaimiento de los efectos de barrera	272
Figura 9-4:	Afectación por barreras en el ámbito de estudio.....	273
Figura 9-5:	Afectación por barreras en el sector agrícola entre la N432, A92 y A44, en la cercanía de los núcleos urbanos de Albolote, Atarfe y Maracena	274
Figura 9-6:	Afectación por barreras en el sector agrícola situado al Sur de la ciudad de Granada	274
Figura 9-7:	Afectación por barreras en el sector agrícola entre los núcleos urbanos de Purchil, Ambroz, Belicena y Cullar Vega.....	275
Figura 9-8:	Bajo nivel de afectación por barreras en el entorno del núcleo urbano de Fuente Vaqueros, en el sector occidental del ámbito de estudio.	275
Figura 9-9:	Costes asociados a la afinidad para el uso chopera	277
Figura 9-10:	Obtención de los costes asociados a la afinidad paisajística	278
Figura 9-11:	Costes asociados a la afinidad paisajística.....	278
Figura 9-12:	Superficie de las áreas fuente seleccionadas.....	280
Figura 9-13:	Uso existente en las diferentes áreas fuente seleccionadas.....	281
Figura 9-14:	Número y superficie de las diferentes áreas fuente seleccionadas.	281
Figura 9-15:	Cartografía de conectividad paisajística para la AUG en el año 2004.....	283

Figura 9-16: Proceso metodológico para la valoración de la conectividad paisajística en los escenarios generados	284
Figura 9-17: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de contención de la ocupación urbana.	285
Figura 9-18: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de especialización tecnológica... 286	
Figura 9-19: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de incremento de la ocupación urbana	287
Figura 9-20: Diferencias en la conectividad ecológica al Noroeste de la ciudad de Granada	288
Figura 9-21: Pérdida de conectividad en el escenario de especialización tecnológica con respecto al escenario de contención de la ocupación urbana.	289
Figura 9-22: Pérdida de conectividad en el entorno del trazado de la "Segunda Circunvalación"	290
Figura 9-23: Pérdida de conectividad en la zona Noroeste de la ciudad de Granada.....	291
Figura 9-24: Pérdida de conectividad en la zona Oeste de la ciudad de Granada.....	291
Figura 9-25: Pérdida de conectividad en el escenario de incremento en la ocupación urbana con respecto al escenario de contención.....	292
Figura 9-26: Pérdida de conectividad en la zona Occidental del ámbito de estudio	293
Figura 9-27: Pérdida de conectividad en la Zona Sur de la ciudad de Granada	293
Figura 9-28: Pérdida de conectividad en la Zona Noroeste de la ciudad de Granada	294
Figura 9-29: Pérdida de conectividad al Oeste de la ciudad de Granada.....	294
Figura 9-30: Pérdida de conectividad en el escenario de incremento en la ocupación urbana con respecto al escenario de especialización tecnológica.....	295
Figura 9-31: Pérdida de conectividad del escenario tecnológico frente al de incremento de la ocupación urbana en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé	296
Figura 9-32: Pérdida de conectividad del escenario tecnológico frente al de incremento de la ocupación urbana en el entorno del término Municipal de Vegas del Genil.....	297
Figura 9-33: Río Genil en el área central del ámbito de estudio.	298
Figura 9-34: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de especialización tecnológica frente al escenario de contención en la ocupación	299
Figura 9-35: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de incremento en la ocupación frente al escenario de contención.	300
Figura 9-36: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de incremento en la ocupación frente al escenario de especialización tecnológica.....	301
Figura 9-37: Transecto Este-Oeste seleccionado.....	302
Figura 9-38: Comparativa ocupación urbana vs conectividad mediante transectos en los tres escenarios simulados.....	303
Figura 9-39: Cambio en las áreas de influencia de los nodos por el trazado de la segunda circunvalación	304
Figura 9-40: Posibles zonas de densificación futura.	305
Figura 9-41: Áreas que pueden funcionar como pasillo ambientales para el mantenimiento de la conectividad a ambos lados del eje formado por la A92 y la A92G.....	305

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 9-1: Elementos de Barrera seleccionados en diversos trabajos para la estimación de la conectividad.....	269
Tabla 9-2: Elementos de barrera seleccionados en el presente trabajo.....	269
Tabla 9-3: Valores de los efectos de barrera.....	270
Tabla 9-4: Distancias de decaimiento máximo para el efecto de barrera.....	271
Tabla 9-5: Valores del efecto de barrera y distancia máxima de decaimiento.....	271
Tabla 9-6: Ley de decaimiento para los diferentes elementos de barrera.....	272
Tabla 9-7: Valores de afinidad de los diferentes usos del suelo descritos en el capítulo 6.....	276
Tabla 9-8: Costes de desplazamiento asociados a la afinidad de usos	277
Tabla 9-9: Identificación de áreas fuente en función de sus superficies en diversos trabajos previos	279
Tabla 9-10: Valoración sintética de los resultados de los análisis de la conectividad.....	301

9.1 INTRODUCCIÓN

Una vez analizadas las características espaciales y morfológicas de los tres escenarios futuros, en el presente capítulo se aborda la valoración de los cambios introducidos por los mismos sobre el paisaje, especialmente sobre su función, determinada a través de la conectividad del mismo. De esta forma, gracias a la metodología que se desarrolla, será posible obtener una medida de la afección que los crecimientos metropolitanos y sus diferentes formas y patrones de ocupación introducen en los paisajes agrarios periurbanos de las aglomeraciones urbanas. En cualquier caso, esta valoración de la conectividad no debe ser únicamente entendida sólo como un instrumento de identificación de los impactos del desarrollo metropolitano, sino también como la base para el diseño de criterios de establecimiento y expansión del sistema de asentamientos que permitan el mantenimiento y buen funcionamiento eco-paisajístico de los espacios agrarios periurbanos.

Para la valoración de dichos cambios en la conectividad se ha empleado una metodología inspirada en los trabajos de Marull y Mallarach (2002, 2005), de acuerdo con el enfoque de la conectividad funcional del paisaje y el empleo de superficies de fricción y algoritmos de coste distancia, de tal forma que los instrumentos SIG son de nuevo de vital importancia para su estimación.

Las estimaciones de la conectividad del paisaje para cada escenario serán comparadas con las demás, con el objeto de determinar aquellas características de los escenarios que suponen unas mayores o menores pérdidas o impactos sobre la misma. Además, los valores de conectividad se mostrarán de forma conjunta con la ocupación urbana existente, y su relación con los principales nodos metropolitanos que la soportan (capítulo 4), de tal forma que se exploren las relaciones entre ambos factores. Se trata por tanto de indagar en la respuesta a la cuestión planteada en el capítulo 2: *¿cuáles serían las consecuencias para los paisajes periurbanos de la ocupación urbana simulada en los escenarios?*

9.2 LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA. CONTEXTO TEÓRICO

Como ya se señaló a lo largo del capítulo 2, la conectividad paisajística es un ejemplo paradigmático de la relación existente entre la estructura del paisaje (esto es, su composición, forma, etc.) y las funciones ecológicas que dicho paisaje mantiene (Botequilha *et al*, 2006).

Si se parte de la base de que los diferentes escenarios simulados a lo largo del capítulo 7 introducen unos cambios espaciales en la AUG, los cuales se diferencian en la forma, patrón e intensidad de los mismos, (Capítulos 7 y 8), es lógico pensar, asumiendo el papel de la conectividad como ejemplo de la relación entre estructura y función, que puede ser un excelente indicador de las alteraciones en las funciones del paisaje que se producen con motivo de diferentes formas de cambio metropolitano

En este sentido, el desarrollo y aplicación de una metodología de valoración de la conectividad del paisaje que permita la comparación de los diferentes escenarios simulados, será una herramienta útil para la determinación y valoración de las estrategias más idóneas de desarrollo metropolitano en lo que respecta a la afectación que dicho desarrollo genera sobre los paisajes.

En cualquier caso, se debe señalar en primer lugar que la valoración de la conectividad se puede abordar desde diversos puntos de vista (Tischendorf and Fharig, 2000), por lo que es necesario seleccionar alguno de los existentes, sobre el que poder desarrollar de manera precisa la metodología a implementar.

Los dos enfoques básicos son el de la conectividad denominada “estructural”, el cual únicamente hace referencia a la continuidad espacial que los distintos usos del suelo presentan en un mismo paisaje (McGarigal y Marks, 1995; Bierwagen, 2007). Este enfoque considera que los hábitats contiguos, si se encuentran físicamente conectados (o al menos por debajo de una distancia umbral) garantizan la conectividad, mientras que si se fragmentan y la distancia entre los mismos supera la citada distancia umbral, ya no la permiten. Este enfoque emplea para la determinación de la conectividad un conjunto de índices o métricas similares a los empleados en el capítulo 8, con algunas ventajas, como la relativa sencillez en su estimación, pero con algunas desventajas frente a los otros enfoques que serán expuestas a continuación.¹

Y por su parte el enfoque de la conectividad “funcional” que entiende la conectividad como el grado en el que el paisaje facilita la interacción de los flujos ecológicos. Para medirla este enfoque emplea generalmente métodos apoyados en SIG que principalmente están basados en (McGarigal y Marks, 1995):

- Funciones de la distancia, los cuales reflejan la probabilidad de conexión de los distintos hábitats a una distancia dada. Buenos ejemplos de ellos los constituyen los trabajos de Jordán, Magura, Tóthmérész, Vasas y Kódöböcz (2007), para la valoración de la conectividad del paisaje para especies de coleópteros o los de Pe'er *et al* (2006) en la estimación de los efectos de la topografía en la conectividad.
- Funciones de distancia ponderada, (similares a las empleadas en el Capítulo 4 para la estimación de la accesibilidad) de tal forma que la conectividad se obtiene a través del empleo de caminos mínimos en una superficie de fricción que refleje los costes de desplazamiento a través del ámbito de estudio de acuerdo con criterios paisajísticos (Vuilleumier y Prélaz-Droux, 2002; Adriansen *et al*, 2003; Marull y Mallarach, 2002, 2005, 2006). Esta superficie de fricción puede ser empleada para calcular mediante un algoritmo de coste distancia los costes acumulados de desplazamiento para alcanzar un conjunto de lugares de interés para la conectividad, tales como fuentes o reservorios de biodiversidad (Nikolakaki, 2004; Somma, 2006). De esta forma, el inverso de los costes de desplazamiento puede ser considerado el grado de conectividad paisajística del ámbito de estudio (Figura 9-1).

¹ Una interesante recopilación acerca de índices de conectividad estructural del paisaje puede encontrarse en Pascual-Hortal y Saura (2006).



Figura 9-1: Proceso metodológico para la estimación de la conectividad ecológica de acuerdo con el método de la distancia ponderada

Para la estimación de la conectividad en este trabajo, se ha optado por emplear métodos de acuerdo con la orientación de la conectividad funcional, basados en funciones de distancia ponderada, debido a que, a pesar de su mayor complejidad, permiten representar de forma más realista el comportamiento del paisaje a este respecto (Adriaensen, Chardon, De Blust, Swinnen, Villalba, Gulinck y Matthysen, 2003), además de por ser un enfoque empleado en diversos trabajos previos:

En el ámbito nacional por ejemplo Sastre *et al* (2002) calculan para la Comunidad de Madrid la conectividad ecológica del paisaje para las especies forestales, a la vez que se calculan las rutas de menor coste ecológico para conectar varias zonas de interés ecológico (LICs de la Red Natura 2000).

Marull y Mallarach (2002, 2005 y 2006) por su parte exploran a través de varios trabajos, la conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona a través del diseño de una metodología de estimación basada en algoritmos de coste distancia y superficies de fricción, diseñando un índice relativo de conectividad ecológica.

En el ámbito internacional, Vuilleumier y Prélaz-Droux (2002) tratan de determinar lugares estratégicos para la ubicación de una red ecológica en Suiza mediante el empleo de una superficie de fricción y un algoritmo de coste distancia, de tal forma que aquellos lugares más "accesibles" son adecuados para reconvertirse en zonas corredor parte de una red ecológica. Por su parte Nikolakaki (2004) lleva a cabo un estudio en el que se determina la conectividad de las teselas aptas para ciertos tipos de especies forestales de avifauna, de tal modo que aquellas con mejores condiciones de conectividad puedan ser

seleccionadas como candidatas para albergar la reintroducción de dichas especies. Pe'er, Heinz y Frank (2006) exploran por su parte la conectividad en poblaciones de *lepidópteros* y la influencia de factores topográficos en los movimientos de diversas poblaciones.

Existen pues múltiples referencias en este contexto, lo que justifica aún más la selección de esta aproximación. Una vez seleccionado este enfoque, y de acuerdo con el esquema de la Figura 9-1 se puede establecer que existen 3 elementos fundamentales para el cálculo de la conectividad (Adriaensen *et al*, 2003; Sun, Dawson, Li, Wei y Li, 2007)

- La determinación de la superficie de fricción
- La definición de los objetivos para el cálculo de los costes de desplazamiento o las denominadas áreas fuente (Consejería de Medio Ambiente, 2002)
- La obtención de los valores de conectividad a través de algoritmos coste-distancia.

Es por ello que sobre el desarrollo de los tres aspectos pivotará la aproximación metodológica que se presenta.

9.3 METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA. LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA EN EL AÑO 2004.

9.3.1 LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN.

La estimación de la superficie de fricción constituye el principal proceso para el cálculo de la conectividad ecológica, requiriendo la combinación de aquellos factores que se consideran relevantes en la determinación de las posibilidades de desplazamiento de los flujos ambientales a través del territorio.

Siguiendo el esquema propuesto por Marull y Mallarach (2002, 2005) se han empleado dos componentes para su generación (Figura 9-2):

- En primer lugar se han valorado los elementos de barrera (Tischendorf y Fahrig, 2000), entendidos como aquellos elementos que suponen un impedimento para el movimiento de los flujos ambientales (Bettini, *et al* 2001; Forman, 2002; Vuilleumier y Prélaz-Droux, 2002; Matarán, 2005), así como la afectación que generan sobre las zonas cercanas. La presencia de estos elementos supone una ruptura o disminución de la conectividad del paisaje (piénsese en una carretera, por ejemplo), por lo que deben ser incorporados en la generación de la superficie de fricción.
- En segundo lugar se han tenido en cuenta los efectos de afinidad o de similitud ecológica o paisajística entre los diferentes ecosistemas o usos del suelo (Sastre *et al*, 2002.) que componen el ámbito de estudio. Esta afinidad representa la facilidad con la que los flujos y procesos ambientales propios de un determinado ecosistema o uso, pueden tener lugar a través de los demás.

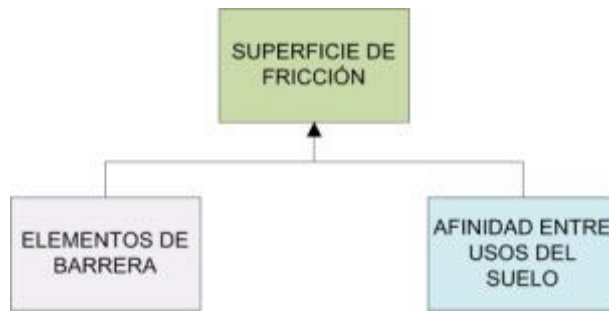


Figura 9-2: Componentes de la superficie de fricción

Es necesario pues generar dos superficies de fricción, cada una referida a uno de los elementos citados: una superficie de fricción asociada a los elementos de barrera (SFEB) y otra asociada a la afinidad paisajística de los usos del suelo (SFAP)

A continuación se expone los fundamentos y metodología de estimación para cada uno de los elementos:

9.3.1.1 LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN ASOCIADA A LOS ELEMENTOS DE BARRERA.

Los elementos de barrera presentes en el paisaje, de muy diversa índole, generan una disminución de la conectividad de dicho paisaje (Forman, 1995, Burel y Baudry, 2002), así como un conjunto de impactos (Brotons y Herrando, 2001; Forman, Sperling *et al*, 2003;) que en ocasiones se han denominado perturbancia (Bettini, 2001; Matarán, 2005). Los diferentes elementos que pueden ser considerados como barreras van desde cualquier tipo de infraestructura de la movilidad, hasta un cauce fluvial (que por otra parte también podría ser considerado como un corredor). Por ello, para poder comenzar la generación de la superficie de fricción asociada a los elementos de barrera es necesario en primer lugar establecer cuáles de los elementos barrera a considerar (Franco *et al*, 2005). La Tabla 9-1 muestra algunos de los elementos incluidos en trabajos previos:

Trabajos en la materia	Elementos de Barrera
Matarán (2005) y Matarán y Aguilera (2006)	Vías Principales
	Zonas Urbanas Dispersas
	Zonas Urbanas
	Invernaderos
Bettini (2001)	Vías Principales
	Zonas Urbanas
	Zonas Urbanas dispersas
Sastre <i>et al</i> (2002)	Zonas Urbanas
	Zonas industriales
Vuilleumier y Prélaz-Droux (2002)	Autopistas
	Vías principales
	Vías secundarias
	Áreas urbanas
Baudry, Burel, Aviron, Marti, Ouin Pain y Thenail (2003)	Áreas urbanas
	Red viaria
Marull y Mallarach (2002, 2005)	Espacios ajardinados
	Comunicaciones secundarias
	Espacios acuáticos
	Comunicaciones principales
	Espacios Urbanos

Tabla 9-1: Elementos de Barrera seleccionados en diversos trabajos para la estimación de la conectividad

A la vista de estos elementos, se han seleccionado los siguientes para su inclusión como elementos de barrera en el paisaje de la AUG (Tabla 9-2)

Elementos de barrera seleccionados
Zonas Urbanas
Zonas Urbanas Dispersas
Vías principales de comunicación
Vías secundarias de comunicación
Red ferroviaria
Láminas de agua

Tabla 9-2: Elementos de barrera seleccionados en el presente trabajo

Destaca la inclusión de los diferentes elementos de la red viaria, mediante su distinción en dos categorías diferentes, así como las zonas urbanas. Los demás elementos los constituyen la red ferroviaria y las láminas de agua.

Sin embargo, resulta obvio señalar que los efectos de barrera generados por los diferentes elementos recogidos en la Tabla 9-2 no son idénticos, sino que la fragmentación o aislamiento generados por cada uno de ellos son diferentes (Iuell, 2005). Además, otro hecho destacable es el comportamiento del efecto de barrera a lo largo del espacio, y es que dicho efecto se extiende, generalmente, más allá del espacio ocupado por dicha barrera, de modo que el impacto generado muestra un decaimiento con la distancia (Farina, 2000). Así pues, el efecto de barrera sería máximo en la propia barrera, e iría decayendo hasta una distancia determinada donde se haría 0.

De esta reflexión se deduce que existen tres puntos importantes en la definición del efecto de barrera, los cuales son el establecimiento de un valor máximo, una distancia máxima de afectación de cada barrera y una ley de decaimiento del efecto de barrera con la distancia.

En lo que respecta al valor máximo del efecto barrera se han asignado valores comprendidos entre un máximo de 100, para el mayor efecto de barrera y de 0 para la no existencia de barrera. En la Tabla 9-3 se han asignado los siguientes valores a los elementos de barrera identificados.

Elementos de barrera	Valor del efecto de barrera
Zonas Urbanas	100
Zonas Urbanas Dispersas	50
Vías principales de comunicación	100
Vías secundarias de comunicación	75
Red ferroviaria	50
Laminas de agua	75

Tabla 9-3: Valores de los efectos de barrera

Para la distancia máxima de afectación de la barrera se ha recurrido a las referencias existentes en la materia, que establecen valores que por otra parte pueden llegar a ser dispares (Tabla 9-4). Forman (2000) establece los impactos de las grandes vías de comunicación interestatales en EEUU, para el caso de ecosistemas muy sensibles, en distancias de incluso 1km, mientras que Forman, Sperling *et al* (2002), tomando como base algunos estudios de impacto sobre la avifauna, extienden estas distancias desde 50 m hasta casi 3 km para autopistas especialmente transitadas (hasta 60 mil vehículos/día). En otros trabajos se establecen valores bastante más modestos, como es el caso de los de Bettini *et al* (1991) para el municipio de Pozzalo en Italia, que ajustan estos valores en torno a 150 m para las vías principales, al igual que Matarán (2005) y Matarán y Aguilera (2006), para el caso de la costa de Granada. Por su parte, Marull y Mallarach (2002,2005) establecen una afectación que depende de los usos del suelo sobre los que se produce, con distancias que oscilan entre 1 y 1000 metros.

Trabajo	Categorías	Distancias (m)
Matarán (2005) y Matarán y Aguilera (2006)	Vías Principales	150
	Zonas Urbanas Dispersas	200
	Zonas Urbanas	500
	Invernaderos	300
Bettini (2001)	Vías Principales	150
	Zonas Urbanas	500
	Zonas Urbanas dispersas	200
Sastre <i>et al</i> (2002)	Zonas Urbanas	0
	Zonas Industriales	0
Vuilleumier y Prélaz-Droux (2002)	Autopistas	50
	Carreteras principales	50
	Carreteras secundarias	10
	Zonas urbanas	$52 \ln(S) - 255^2$
Burel <i>et al</i> (2003)	Áreas Urbanas	0
	Red viaria	0
Marull y Mallarach (2002, 2005)	Espacios ajardinados	La distancia máxima de afectación depende del tipo de uso del suelo afectado, con una caída logarítmica (valor máximo 1000 m)
	Comunicaciones secundarias	
	Espacios acuáticos	
	Comunicaciones principales	
	Espacios urbanos	

Tabla 9-4: Distancias de decaimiento máximo para el efecto de barrera

De acuerdo con estos valores, se ha seleccionado una distancia máxima de afectación de 250 m, que en función de las diferentes barreras se ve reducida hasta 0. La Tabla 9-5 muestra las distancias máximas seleccionadas junto con los valores del efecto de barrera para cada elemento.

Elementos de barrera	Valor del efecto de Barrera (costes)	Distancia de afectación
Zonas Urbanas	100	200
Zonas Urbanas Dispersas	50	100
Vías principales de comunicación	100	250
Vías secundarias de comunicación	75	100
Red ferroviaria	50	50
Laminas de agua	75	0

Tabla 9-5: Valores del efecto de barrera y distancia máxima de decaimiento

Finalmente, para la ley de decaimiento se ha recurrido a una ley de disminución lineal desde la propia barrera hasta la distancia máxima de ocupación, similar a la empleada por Vuilleumier y Prélaz-Droux (2002); Matarán (2005) o Matarán y Aguilera (2006). Esta ley de decaimiento puede ser expresada de acuerdo con la Ecuación 9-1.

$$\text{Valor Barrera} = m \cdot x + d$$

Ecuación 9-1: Valor de barrera

Donde m es la pendiente de decaimiento, x es la distancia y b el valor de efecto de barrera máximo.

² S indica la superficie de la zona urbana

Si se tiene en cuenta que en el valor de distancia máxima de afectación el valor de barrera del efecto de barrera es 0, es posible establecer los valores de pendiente para cada elemento de barrera (Tabla 9-6).

Elementos de barrera	Fórmula decaimiento
Zonas Urbanas	$\text{Decaimiento Barrera} = -0,5 \times [\text{Distancia}] + 100$
Zonas Urbanas Dispersas	$\text{Decaimiento Barrera} = -0,5 \times [\text{Distancia}] + 50$
Vías principales de comunicación	$\text{Decaimiento Barrera} = -0,4 \times [\text{Distancia}] + 100$
Vías secundarias de comunicación	$\text{Decaimiento Barrera} = -0,75 \times [\text{Distancia}] + 75$
Red ferroviaria	$\text{Decaimiento Barrera} = -1 \times [\text{Distancia}] + 50$
Laminas de agua	0 (no se produce afectación mas allá de la superficie de la barrera)

Tabla 9-6: Ley de decaimiento para los diferentes elementos de barrera

De esta forma los efectos de decaimiento de cada uno de los elementos de barrera podrían quedar representados de acuerdo con el gráfico de la Figura 9-3

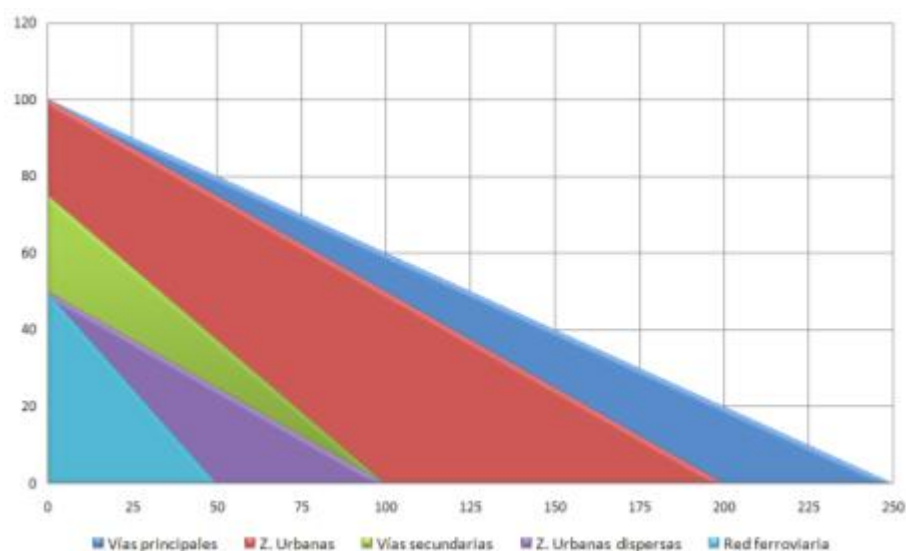


Figura 9-3: Decaimiento de los efectos de barrera

A partir de este conjunto de datos y valores se puede generar la superficie de fricción referida a los costes asociados al efecto de barrera. Para ello ha sido necesario, a partir de la cartografía de los elementos de barrera, generar una nueva capa de información en la que se aplique la ley de decaimiento con la distancia. Esto se ha conseguido a través de una operación de cálculo en la que se aplica la ley de decaimiento, combinada con una capa de distancias. La Figura 9-4 muestra los resultados de la situación existente en 2004.³

³ En cualquier caso este análisis de afectación por barreras se ha repetido para cada uno de los escenarios futuros, puesto que cada uno de ellos presenta diferentes valores de barreras, para posteriormente obtener los valores de conectividad (epígrafe 9.4.1)

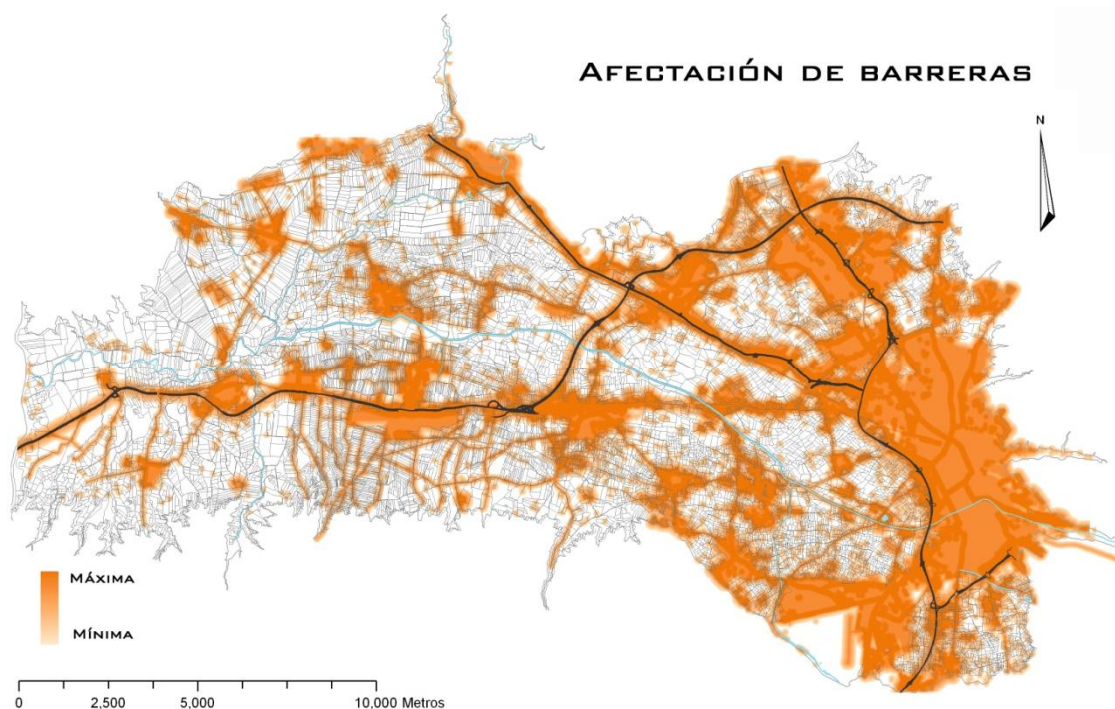


Figura 9-4: Afectación por barreras en el ámbito de estudio

En la cartografía resultante para 2004, se puede observar la presencia de los elementos de barrera a lo largo del territorio de la AUG así como los correspondientes costes asociados a ellos, principalmente aquellos constituidos por las áreas urbanas y las principales vías de comunicación. En este sentido, vías como la A92 y A92G, o los núcleos urbanos de la corona metropolitana y la ciudad de Granada, suponen las más importantes barreras existentes en la AUG, fragmentando fuertemente el paisaje de dicho ámbito.

Desde este punto de vista, y a través de una primera valoración general, existe una importante diferencia en lo que a afectación por barreras se refiere, entre el sector occidental del ámbito de estudio y el oriental, éste último mucho más metropolizado. El sector oriental, presenta una mayor afectación a nivel general, que se traduce en el aislamiento de algunas de las áreas agrícolas existentes en él. Por ejemplo, como se puede observar en la Figura 9-5, el sector agrícola comprendido entre las vías metropolitanas N-432, A-44 y A-92, queda muy aislado con motivo de los efectos de barrera de dichas vías metropolitanas y de los núcleos urbanos existentes.

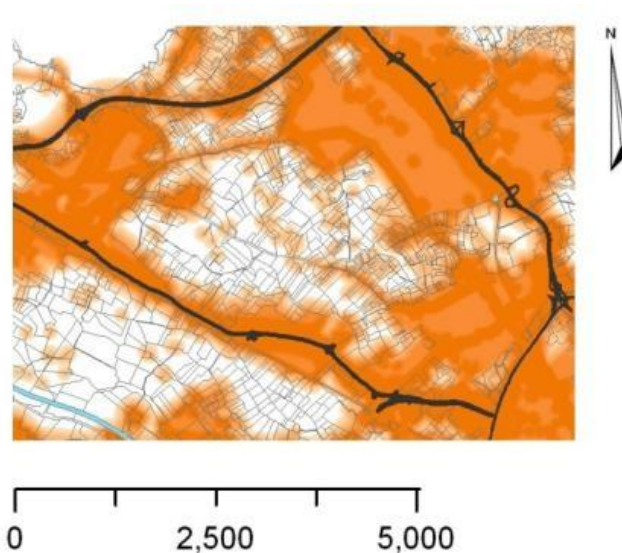


Figura 9-5: Afectación por barreras en el sector agrícola entre la N432, A92 y A44, en la cercanía de los núcleos urbanos de Albolote, Atarfe y Maracena⁴

Otra de las zonas sometidas a un fuerte proceso de aislamiento con motivo de la presencia de barreras es el sector agrícola situado al Sur de la ciudad de Granada (Figura 9-6)

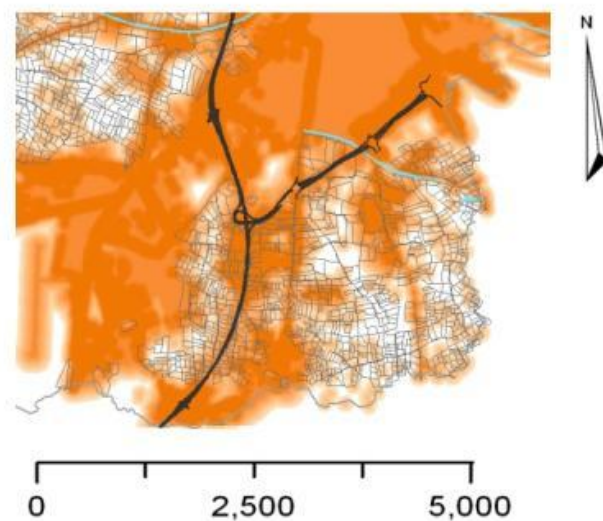


Figura 9-6: Afectación por barreras en el sector agrícola situado al Sur de la ciudad de Granada

Este sector se encuentra aislado físicamente del resto de paisaje agrario de la AUG con motivo de los procesos de conurbación que en ella han tenido lugar (Capítulo 3), y por la presencia de la ronda de circunvalación A-44, y la A-395, además de las vías secundarias que permiten la conexión entre los núcleos de la Corona Sur y la ciudad de Granada.

Igualmente, el sector agrícola situado en el término municipal de Vegas de Genil, del que forman parte los núcleos urbanos de Belicena, Ambroz y Puchil, y que se encuentra rodeado por ellos (Figura 9-7), sufre también un proceso de aislamiento producto de la expansión de dichos núcleos, hecho que se verá acentuado en los escenarios futuros que incluyan el trazado de la segunda circunvalación (Capítulo 7).

⁴ Todas las imágenes extraídas de la Figura 9-4 la presentan la misma clave de leyenda.

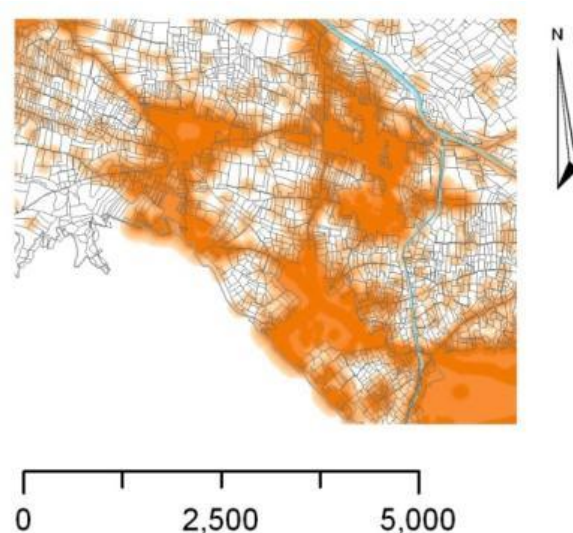


Figura 9-7: Afectación por barreras en el sector agrícola entre los núcleos urbanos de Purchil, Ambroz, Belicena y Cullar Vega.

Con respecto al sector occidental, se puede señalar cómo una menor presencia de elementos perturbantes induce una menor afectación por barreras. Este hecho queda de manifiesto en la Figura 9-8, en la que se observa como las barreras existentes no generan unos aislamientos tan patentes y acusados como en el mostrado para las distintas áreas del sector oriental.

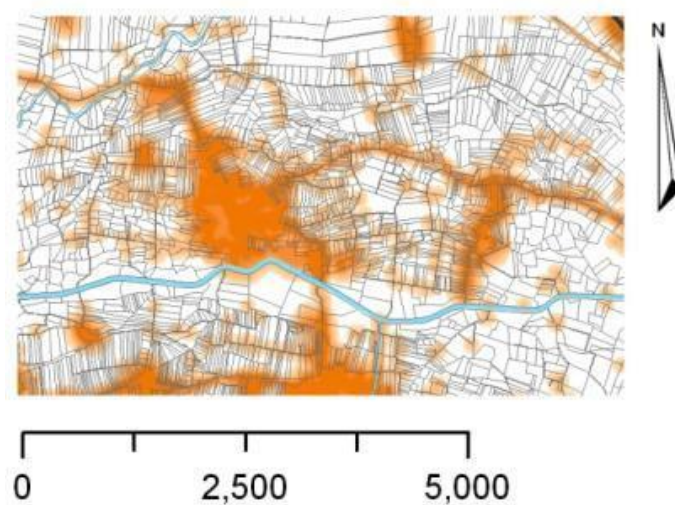


Figura 9-8: Bajo nivel de afectación por barreras en el entorno del núcleo urbano de Fuente Vaqueros, en el sector occidental del ámbito de estudio.

La cartografía de afectación por barreras constituye así uno de los elementos que integrarán la superficie de fricción para la determinación de la conectividad, pero además muestra ya de forma anticipada las principales áreas agrícolas que se encuentran en procesos de aislamiento, y que como se observará en el epígrafe 9.4.1, verán por ello mermada su conectividad paisajística.

9.3.1.2 LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN ASOCIADA A LA AFINIDAD O SIMILITUD PAISAJÍSTICA.

El otro de los factores considerados a la hora de la generación de la superficie de fricción es la resistencia del paisaje al movimiento de los flujos ambientales (Sastre *et al*, 2002, Baudry, *et al*, 2003).

Para tratar de representar esta resistencia se pueden representar las afinidades o similitudes paisajísticas o ecológicas entre los distintos usos del suelo, de tal forma que aquellos usos más similares presentarán una menor resistencia. En este sentido, parece obvio señalar que el uso del suelo “Chopera” (Capítulo 6) tendrá menor similitud con un cultivo de herbáceos en regadío, que la que pudiera existir entre un cultivo de “olivar” y uno de “frutales”. Por ello, un uso del suelo con unas características ecológicas muy diferentes a las de los demás, presentará menor conectividad, puesto que por ejemplo a las especies que habiten en dicho uso, les será más difícil moverse a través de la matriz del paisaje.

Para tratar de representar este hecho, se ha optado por generar una tabla de doble entrada que permite asignar un conjunto de valores de afinidad de unos usos con respecto a otros (Marull y Mallarach, 2005; Sun *et al*, 2007). La asignación de estos valores de afinidad se ha planteado tomando como base el conocimiento de las características paisajísticas y ecológicas de cada uno de los usos del suelo, mostrada en el capítulo 6, así como mediante el apoyo de las referencias bibliográficas existentes, especialmente los trabajos de Tarragona (2003), en los que se valoran los valores de biodiversidad y de presencia de especies de avifauna en los distintos ecosistemas de la AUG⁵. Los valores asignados se han establecido entre 0 y 100, de tal forma que los valores de 100 representan la máxima afinidad (Tabla 9-7).

La subjetividad de estos valores puede ser objeto de discusión, pero en cualquier caso conviene señalar que los mismos son relativos, ya que se van a emplear para comparar los resultados de la conectividad para diferentes escenarios. En este sentido la dependencia con respecto a estos valores será la misma para los distintos escenarios, con lo que los resultados comparativos serán perfectamente válidos.

USO	Regadío	Secano	Olivar	Chopera	Frutales	Erial
Regadío	100	80	40	60	60	50
Secano	80	100	40	60	60	50
Olivar	40	40	100	50	80	40
Chopera	60	60	50	100	70	30
Frutales	60	60	80	70	100	40
Erial	50	50	40	30	40	100

Tabla 9-7: Valores de afinidad de los diferentes usos del suelo descritos en el capítulo 6

Se observa en la tabla como existen importantes diferencias en lo que respecta a las afinidades existentes entre cada par de usos. En este sentido, la cobertura erial es la que menos similaridad presenta con respecto a los demás, mientras que por el contrario, presentan una afinidad elevada, como puede ser la pareja Olivar-Frutal, de unas características ecológicas similares.

A partir de ellos, se pueden estimar los valores de resistencia o costes de desplazamiento de unos usos con respecto a otros, que en este caso ya representarían la dificultad de desplazamiento de los distintos flujos ambientales de unos usos a través de otros. Estos costes (Tabla 9-8), se obtienen a partir de los valores de afinidad, aplicando una sencilla transformación (Ecuación 9-2)

$$\text{Costes} = 100 - \text{Afinidad}$$

Ecuación 9-2: valores de costes ecológicos

⁵ De acuerdo con la similitud ecológica mostrada en I Tarragona (2003) y los trabajos de campo se han seleccionado los valores de afinidad. En cualquier caso estos análisis han sido repetidos añadiendo y sustrayendo 20 puntos a los valores de afinidad establecidos (hasta máximos y mínimos de 100), sin que los resultados se hayan mostrado especialmente modificados. Este hecho puede comprobarse en Talavera, R (2007): *Diseño de instrumentos SIG para la evaluación de la dinámica de paisajes agrarios periurbanos*. Proyecto Ambiental, licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad de Granada

USO	Regadío	Secano	Olivar	Chopera	Frutales	Erial
Regadío	0	20	60	40	40	50
Secano	20	0	60	40	40	50
Olivar	60	60	0	50	20	60
Chopera	40	40	50	0	30	70
Frutales	40	40	20	30	0	60
Erial.	50	50	60	70	60	0

Tabla 9-8: Costes de desplazamiento asociados a la afinidad de usos

A partir de esta tabla de costes de desplazamiento a través del paisaje es posible generar una cartografía de costes, para cada uno de los usos existentes. De esta forma se obtienen 6 mapas que recogen los valores de costes de desplazamiento, uno para cada uso. La Figura 9-9 muestra la cartografía de costes de desplazamiento para el uso Chopera en el año 2004⁶.

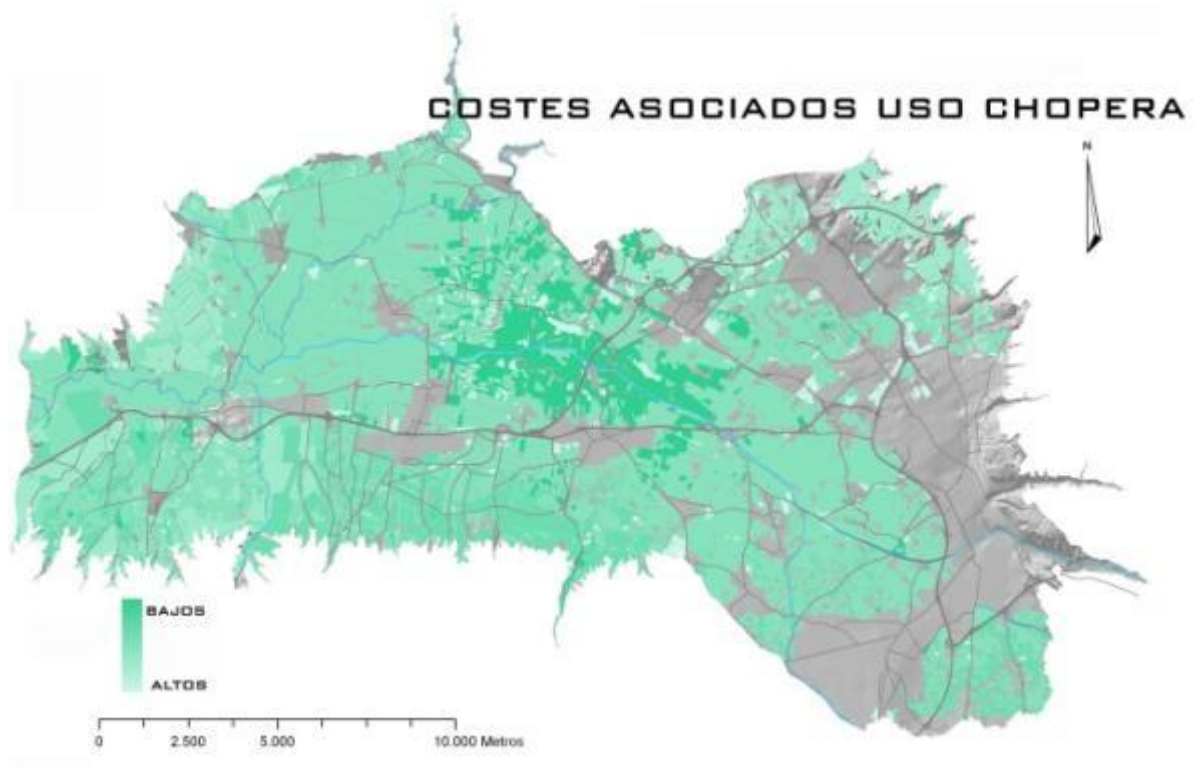


Figura 9-9: Costes asociados a la afinidad para el uso chopera

Mediante la combinación de estas 6 cartografías se podrá obtener una superficie de fricción con los costes de desplazamiento asociados a la afinidad paisajística. Para ello se ha empleado una media ponderada de las diferentes capas de costes obtenidas, en la que el factor de ponderación de cada una ha sido el porcentaje de superficie ocupado por cada uso (Figura 9-10)

⁶ Igualmente esta cartografía de costes ha sido realizada para cada uno de los escenarios futuros y los respectivos usos, con vistas a realizar la posterior comparativa de los valores de conectividad en el epígrafe 9.4.1.

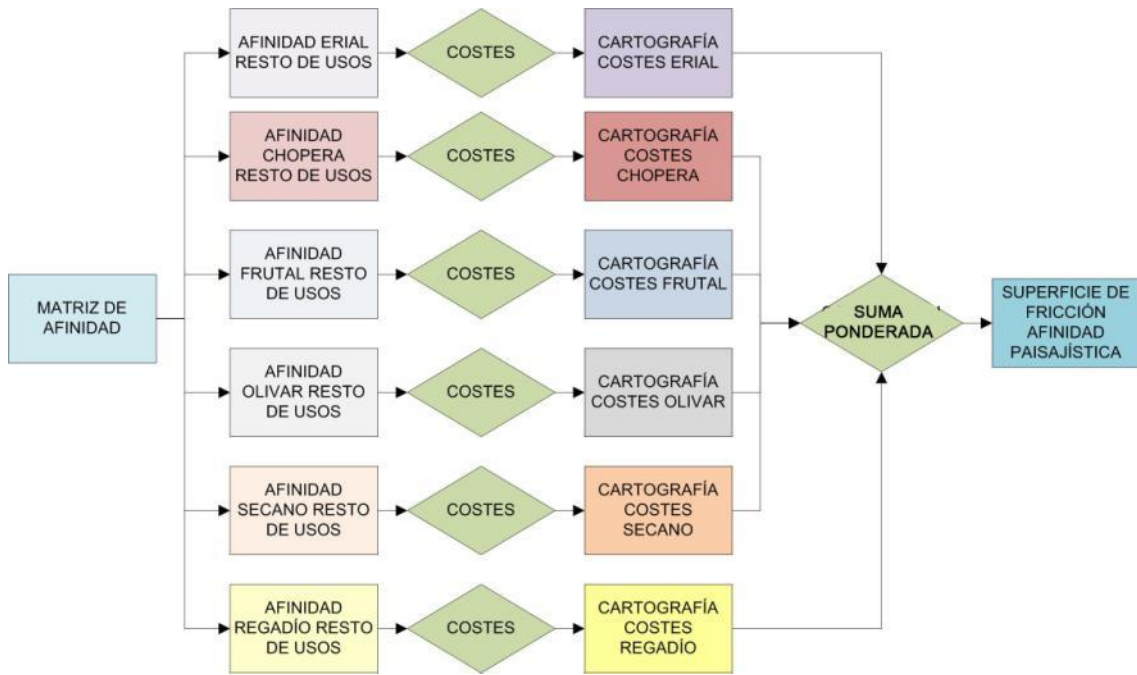


Figura 9-10: Obtención de los costes asociados a la afinidad paisajística

La Figura 9-11 muestra la cartografía resultante de la unión de los diferentes costes constituyendo el factor de la superficie de fricción asociado a la afinidad paisajística. Estos valores nos permite identificar aquellos lugares que, por ser la matriz del paisaje agrícola de la AUG (especialmente usos de regadío, ver Capítulo 6) presentan la mayor afinidad paisajística (tonos oscuros en la Figura 9-11), mientras que aquellos usos más residuales, presentará la menor afinidad (tonos claros)

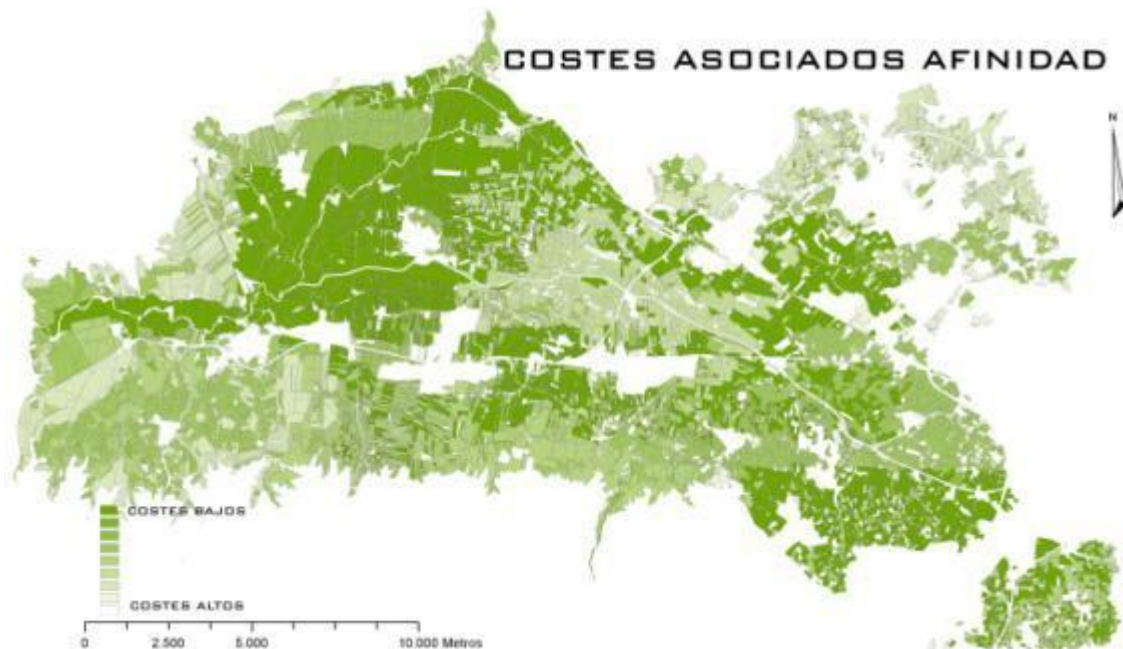


Figura 9-11: Costes asociados a la afinidad paisajística

9.3.2 LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS FUENTE.

Una vez obtenida la superficie de fricción, la siguiente etapa en la metodología presentada en la Figura 9-1 consiste en establecer un conjunto de objetivos o lugares objetivo para la determinación de la conectividad, que serían aquellos lugares fundamentales o centrales que actúan como los núcleos de difusión de los valores ambientales y eco-paisajísticos del ámbito de estudio. La selección de estos objetivos resulta fundamental, al igual que en el caso de las estimaciones de la accesibilidad (Capítulo 4), en las que se seleccionaban lugares de concentración de población, y nodos de la red viaria. Por tanto, deben seleccionarse lugares de interés de acuerdo con criterios eco-paisajísticos.

Para identificar dichos lugares se han seleccionado aquellas áreas de los distintos usos que presentan una superficie suficiente para tratarlos como áreas fuente (Vuilleumier y Prélaz-Droux, 2002, Adriaensen *et al*, 2003). Aquellas áreas altamente fragmentadas, con superficies reducidas, no mantienen las características propias de los ecosistemas existentes en ese tipo de uso (Dramstad *et al*, 1997), debido a que son frágiles a las perturbaciones antrópicas existentes (Forman y Godron, 1986, Forman, 1995) mientras que aquellas otras con un tamaño determinado, permitirán mantener las ecológicas ideales propias del uso en cuestión. Estas áreas con una *superficie suficiente* serán catalogadas como áreas fuente, que además actuarán como nodos principales de una propuesta de red de espacios de valor ambiental (Capítulo 10). Su identificación atiende principalmente pues a criterios de superficie (Nikolakaki, 2004), aunque otros muchos factores podrían ser incorporados, tales como la compacidad, forma, características de sus bordes, etc (Dramstad *et al*, 1997). En cualquier caso, trabajos previos como los de Marull y Mallarach (2005) o García (2002), muestran que la superficie es un criterio lo suficientemente válido. En este sentido La Tabla 9-9 muestra los valores de superficies mínimas empleadas en diversos trabajos, Jongman (1995), entre otros⁷

TRABAJO	LUGARES SELECCIONADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS FUENTE
Marull y Mallarach (2002, 2005)	50-200 ha en función del uso
Sastre <i>et al</i> (2002)	Espacios de la red Natura 2000
García (2002)	10-300 ha
Nikolakaki (2004)	>50 ha de zonas arboladas >10 ha para bosques de alto valor
Red de Nacional de espacios protegidos en Holanda (véase Jongman, 1995)	250 ha
Green Network en la provincia de Noord Brabant (Holanda) (véase Jongman, 1995)	50 ha

Tabla 9-9: Identificación de áreas fuente en función de sus superficies en diversos trabajos previos

A la vista de estos valores, se ha establecido que para un área de estudio de tamaño subregional como es la AUG, una superficie mínima de 50 ha es suficiente para seleccionar las áreas fuente de cada uno de los usos del suelo. La Figura 9-12 muestra la cartografía de las mismas para el año 2004, así como sus valores de superficie (todas mayores de 50 ha). En general se puede señalar que las áreas de mayor tamaño se encuentran en la zona agrícola occidental, debido a su menor fragmentación (ver epígrafe

⁷ En este trabajo se lleva a cabo una comparativa de las redes ecológicas de diversos países y los tamaños de las áreas núcleo o fuente empleados.

9.3.1.1), mientras que en la zona oriental, más metropolizada, su tamaño disminuye, a excepción de algunas de las situadas justo al oeste de la ciudad de Granada.

Igualmente merecen especial atención algunas de las áreas aisladas identificadas como tal en los análisis de la afectación de barreras (ver epígrafe 9.3.1.1) ya que algunas de ellas son áreas fuente debido a su tamaño, con el consiguiente riesgo de deterioro de las mismas.

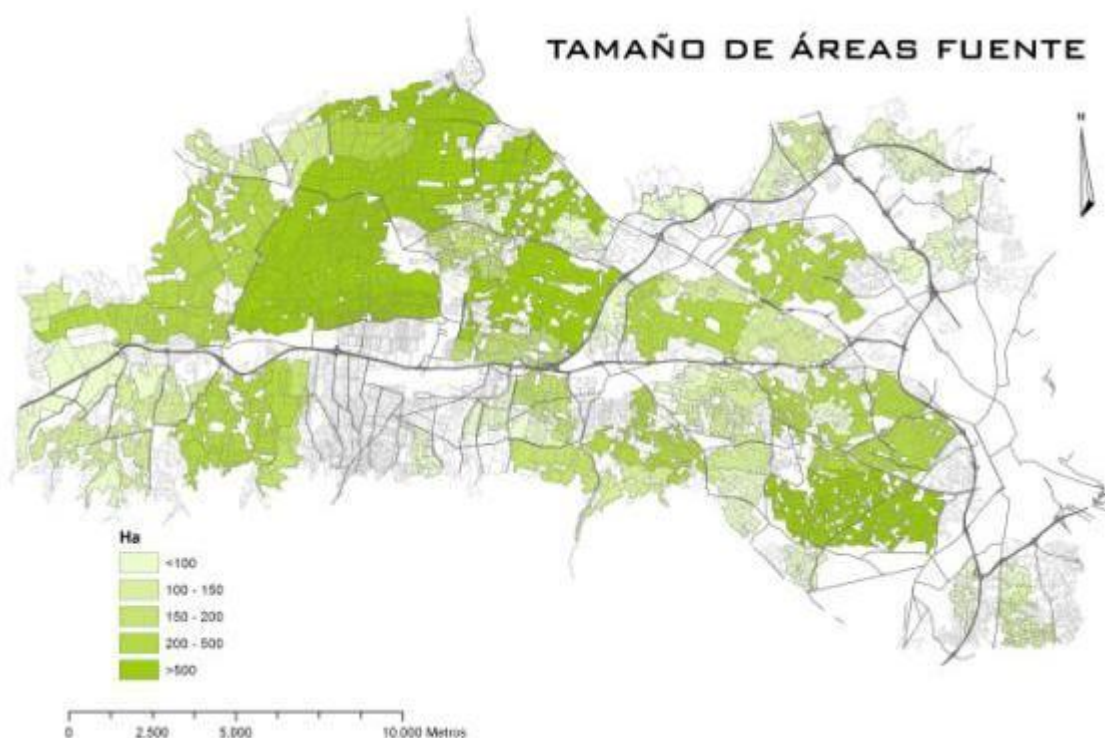


Figura 9-12: Superficie de las áreas fuente seleccionadas

Sin embargo, además de conocer los tamaños de las áreas fuente, indicativos de la fragmentación del paisaje agrario, es interesante conocer los usos a los que pertenecen, así como el número de ellas existente para cada usos agrícola. La Figura 9-13 muestra las distintas áreas fuente seleccionadas y el uso al que corresponden, a la vez que la Figura 9-14 recoge el número de áreas fuente seleccionadas por uso y la superficie total acumulada de las mismas.

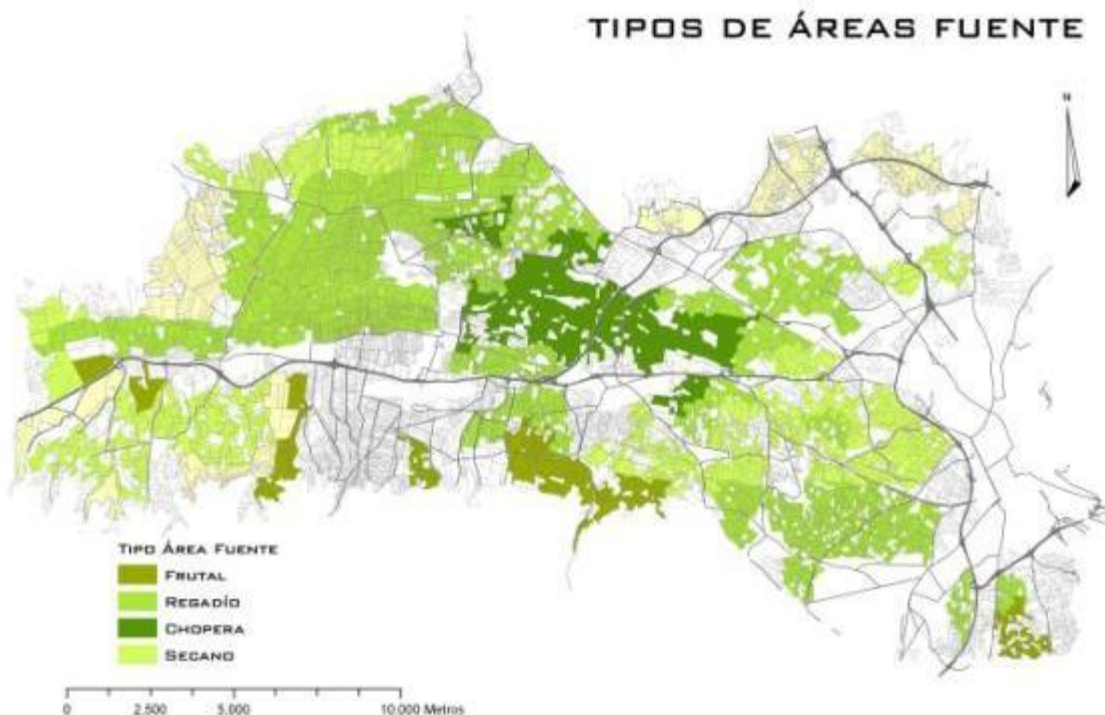


Figura 9-13: Uso existente en las diferentes áreas fuente seleccionadas

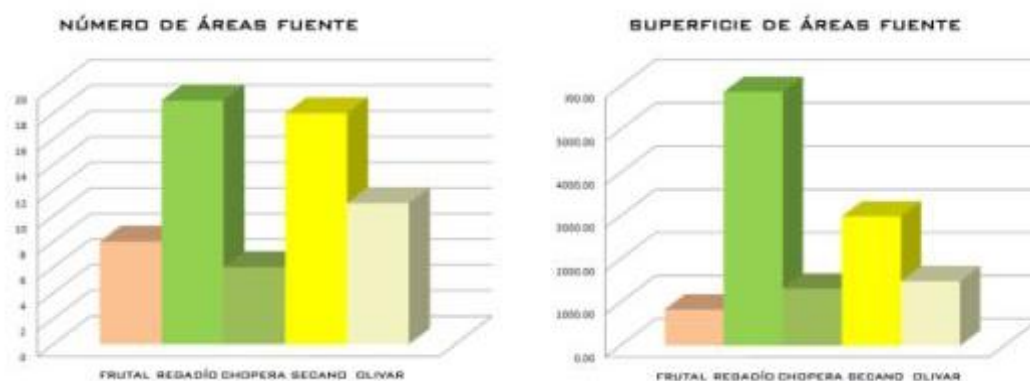


Figura 9-14: Número y superficie de las diferentes áreas fuente seleccionadas.

Se observa una dominancia clara de las áreas fuente del uso regadío, especialmente en lo que a superficie se refiere. En el caso del número total, también destaca el uso seco, con un valor similar al del regadío, hecho que contrasta con su menor superficie total, sugiriendo una mayor fragmentación de las áreas de este uso, que son numerosas pero de menor tamaño. También sucede la misma situación en el caso del olivar y frutal, con un número elevado de áreas ecológicas (menor por parte del frutal), pero con una superficie similar o inferior al del uso chopera, que presentaría por el contrario los valores más bajos de número de áreas fuente.

9.3.3 LA OBTENCIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DE CONECTIVIDAD.

A partir de la superficie de fricción construida y empleando como objetivos las áreas fuente seleccionadas y el algoritmo coste distancia, al igual que sucedía para el caso del cálculo de la accesibilidad, es posible obtener la cartografía de conectividad paisajística. Esta cartografía de conectividad tiene especialmente un valor relativo, que no absoluto (las cifras absolutas de

conectividad no presentan un sentido por sí mismas), siendo por tanto una herramienta útil para la comparación de los diferentes escenarios. Es por ello que no se profundizará en el comentario de los valores de conectividad para la situación en 2004, que se presenta a continuación, sino que dicha profundización se realizará a través de la comparación de los resultados obtenidos en los diferentes escenarios (epígrafe 9.4). En cualquier caso, la Figura 9-15 muestra la cartografía de conectividad para el año 2004, mostrando importantes diferencias en el ámbito, especialmente entre los valores para la zona oriental, mucho más metropolizada y por tanto más bajos, y la occidental, que presenta unos valores más elevados.

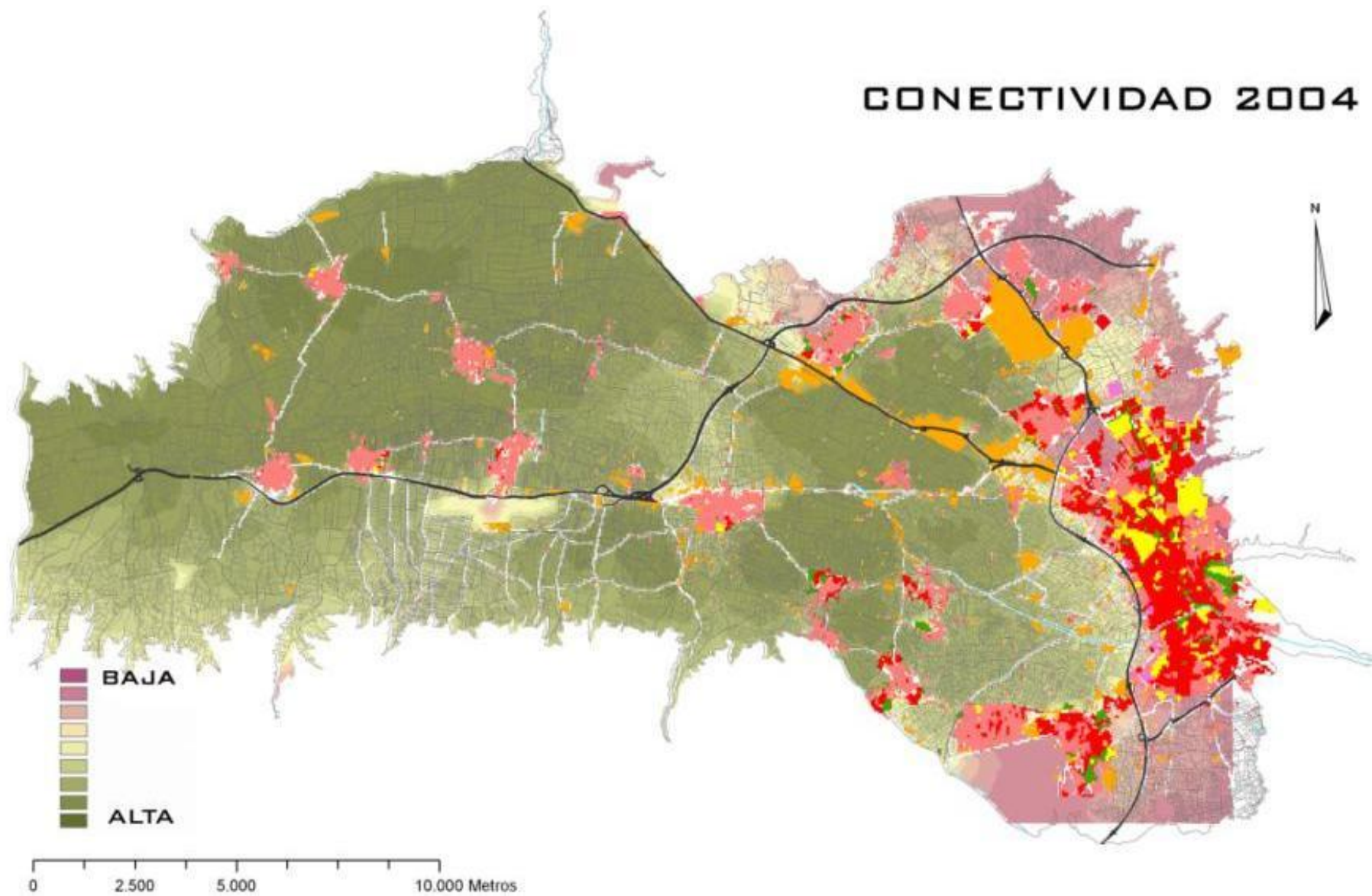


Figura 9-15: Cartografía de conectividad paisajística para la AUG en el año 2004.

9.4 LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS FUTUROS A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CONECTIVIDAD PAISAJÍSTICA.

Presentada la metodología de valoración de la conectividad paisajística en la AUG y mostrada la situación existente en lo que respecta al año 2004, a continuación se presenta el análisis de los escenarios futuros posibles elaborados en el capítulo anterior a través del empleo de la conectividad

Para realizar esta valoración, en primer lugar ha sido necesario construir las superficies de fricción y las áreas fuente para cada escenario, que a continuación han permitido obtener la cartografía de conectividad para cada uno de ellos. A partir de los valores de conectividad obtenidos se ha abordado el proceso de comparación. Éste se ha realizado fundamentalmente a través de (Figura 9-16) (1) la comparación global mediante álgebra de mapas de los valores de conectividad dos a dos; (2) a través del empleo de transectos de diferencias de conectividad dos a dos y (3) a través de la representación conjunta de transectos de conectividad y la ocupación urbana para cada escenario.

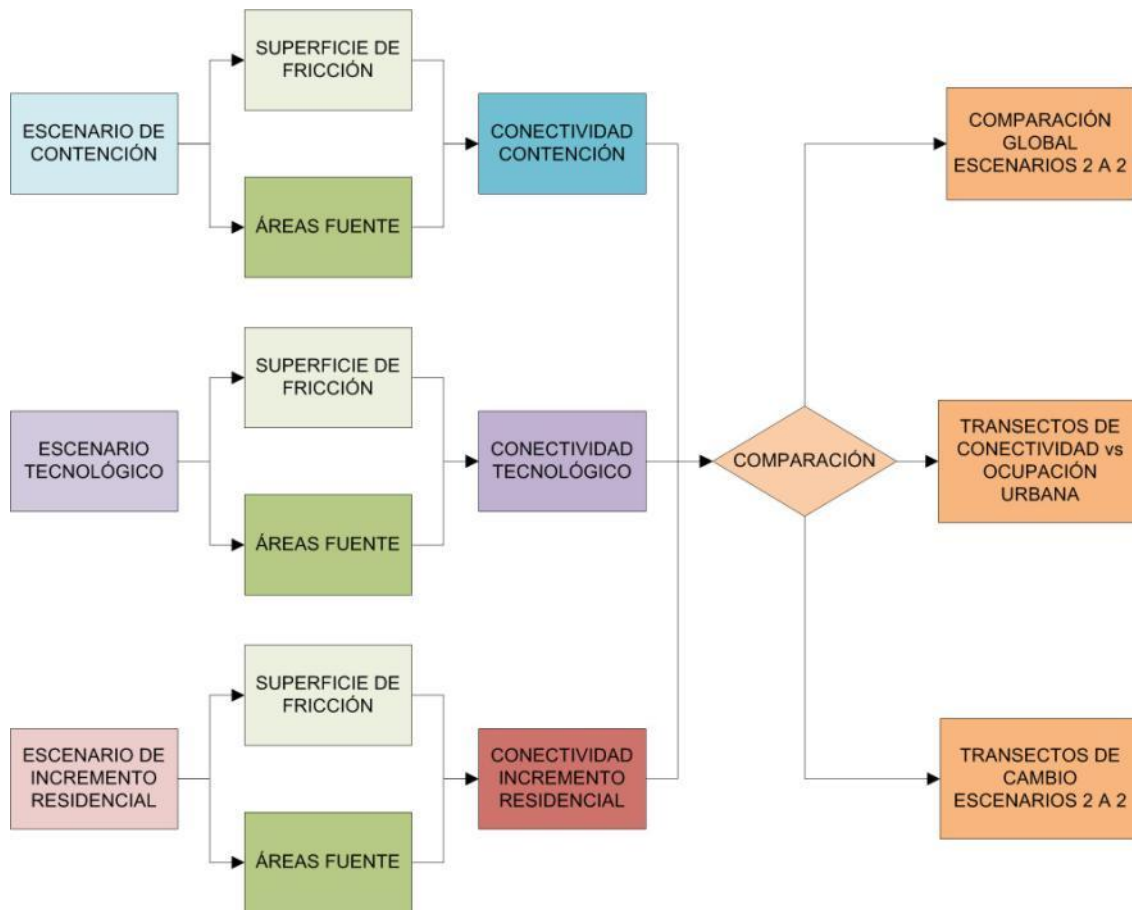


Figura 9-16: Proceso metodológico para la valoración de la conectividad paisajística en los escenarios generados

9.4.1 LOS VALORES DE CONECTIVIDAD

A partir de los valores de afectación por barreras, de afinidad, y de las áreas fuente para cada uno de los escenarios, se ha obtenido finalmente la cartografía de conectividad para cada uno de los mismos. Las siguientes figuras (Figura 9-17 a Figura 9-19) muestran los resultados.

CONECTIVIDAD ESC. CONTENCIÓN

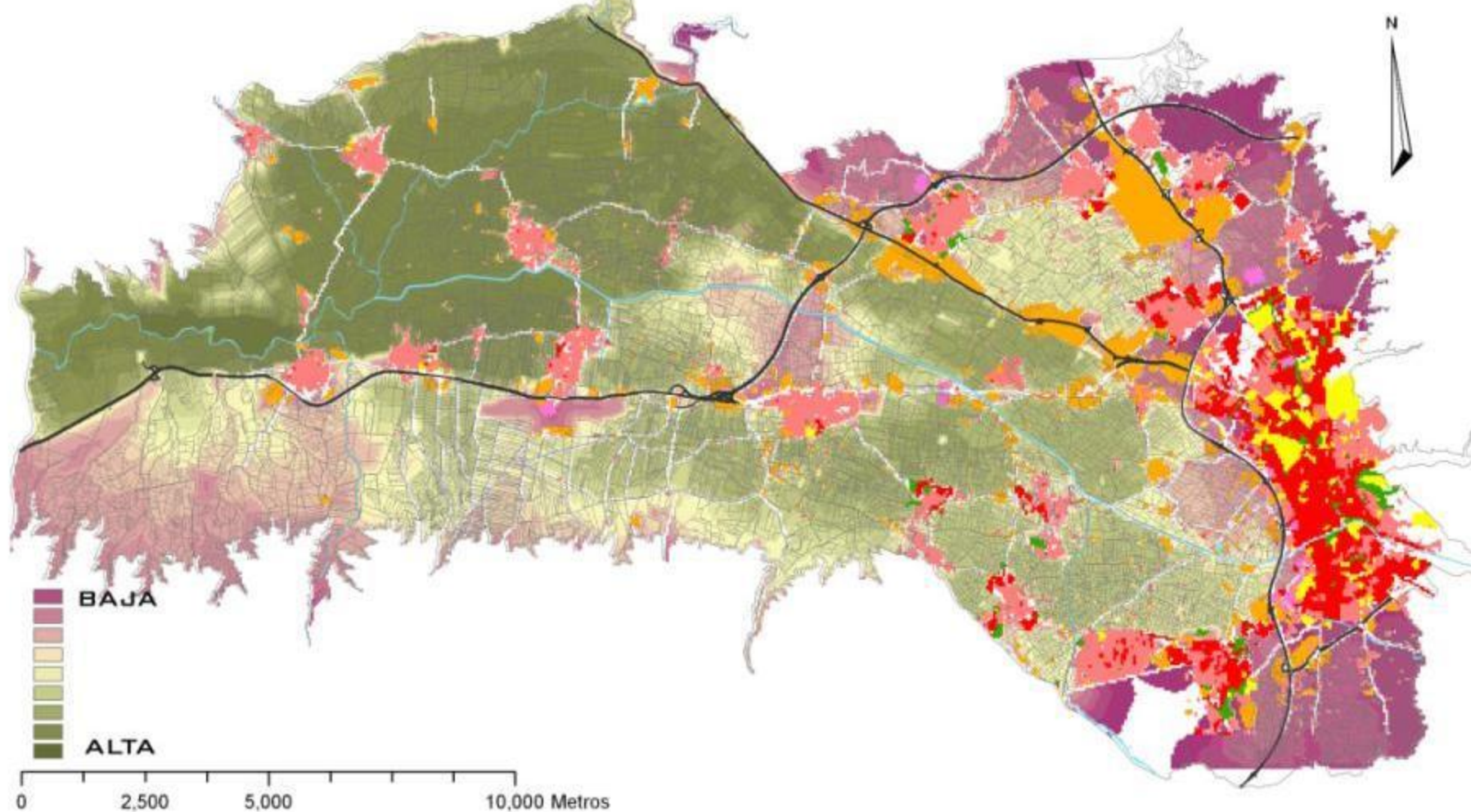


Figura 9-17: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de contención de la ocupación urbana.

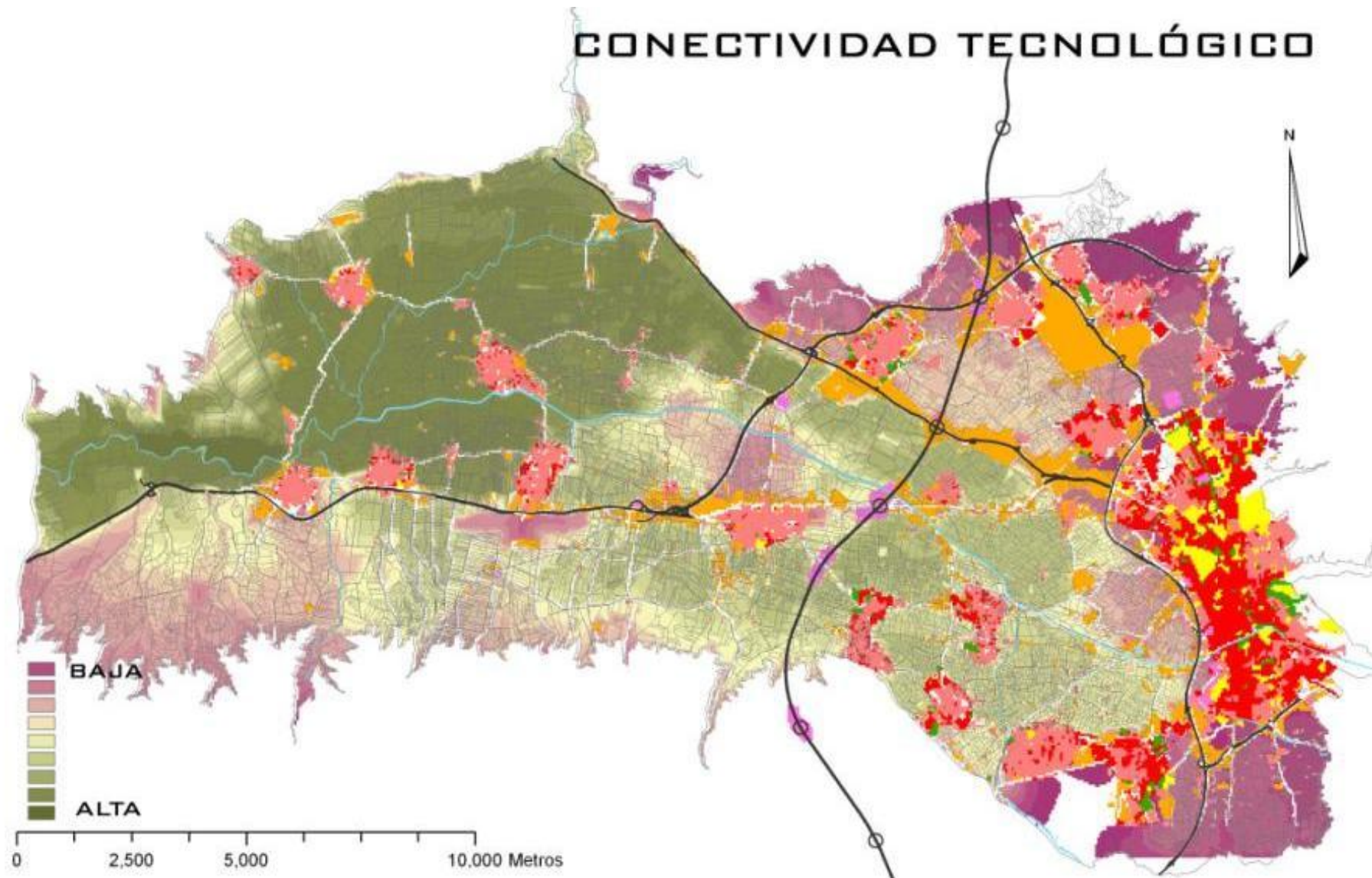


Figura 9-18: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de especialización tecnológica

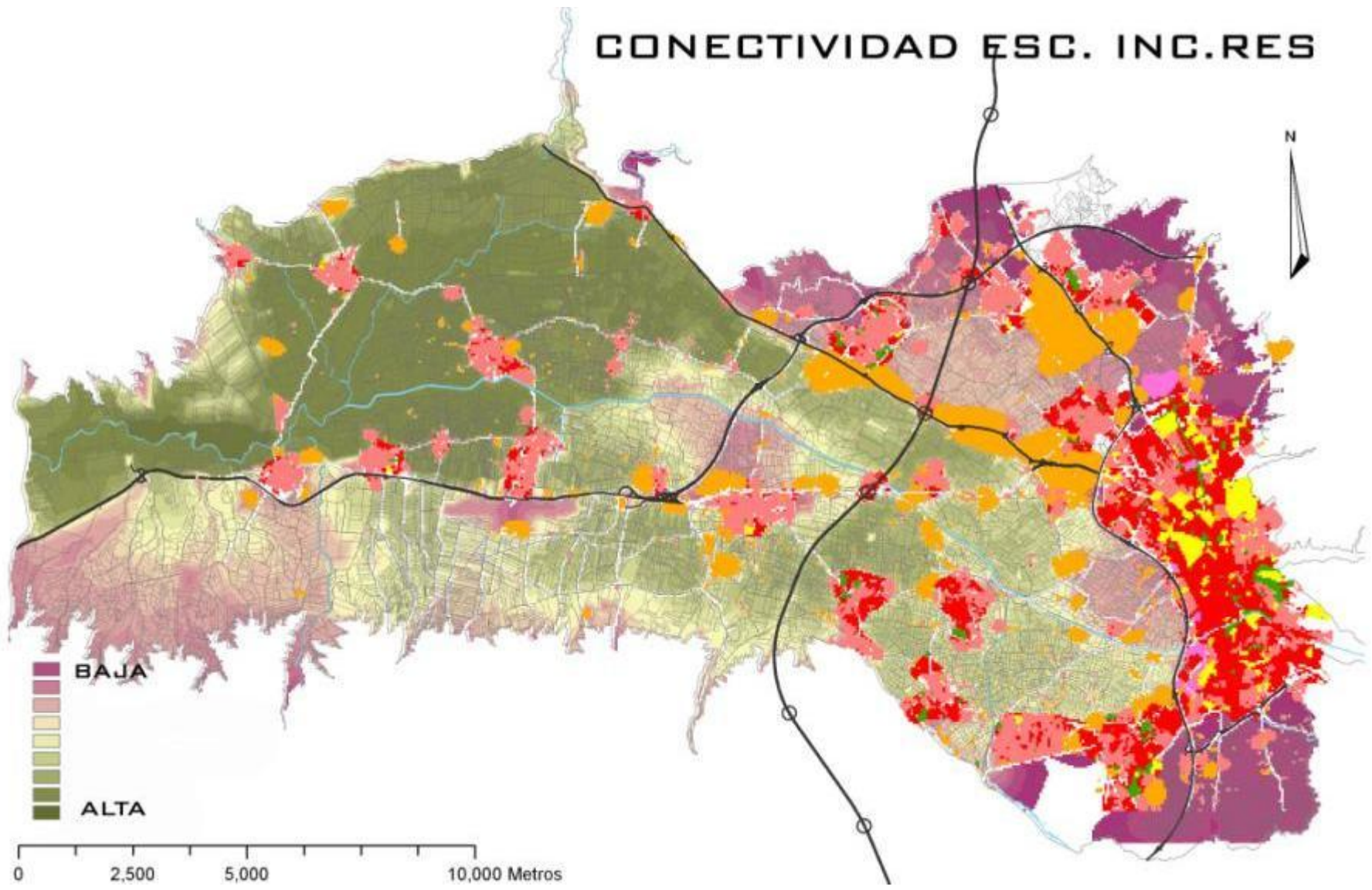


Figura 9-19: Cartografía de la conectividad ecológica en el escenario de incremento de la ocupación urbana

Los resultados de las anteriores figuras muestran unos valores a priori muy similares, y que sin embargo se revelarán muy diferentes a lo largo del proceso de comparación. En cualquier caso, sin mayor análisis que la comparación visual, se manifiestan ya algunas diferencias que se hacen fácilmente palpables. Un claro ejemplo lo constituye el sector comprendido entre la A-44 y la N-432, al Noroeste de la ciudad de Granada (Figura 9-20). Esta es una zona sometida a un fuerte proceso de fragmentación, como consecuencia de encontrarse rodeado de importantes ejes de desarrollo principalmente industrial (Ver epígrafe 9.3.1.1)

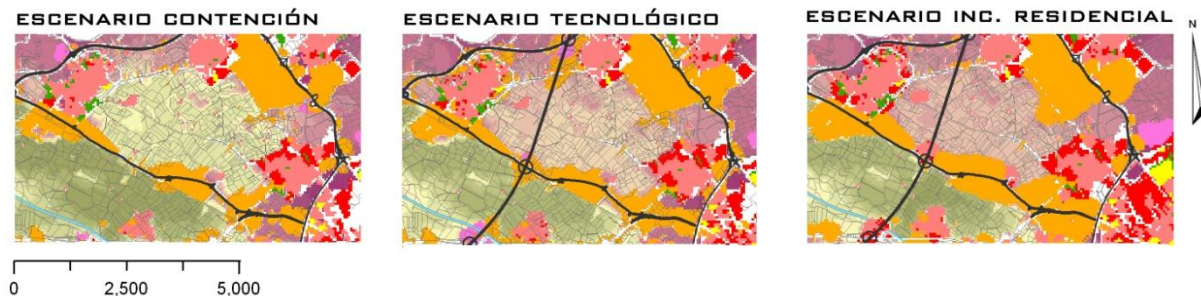


Figura 9-20: Diferencias en la conectividad ecológica al Noroeste de la ciudad de Granada

Se aprecia cómo los valores de conectividad son más bajos en el escenario de incremento de la ocupación urbana, mostrando tonos violeta oscuro, mientras que especialmente en el escenario de contención los valores son más altos, con tonos cercanos al verde. La situación en el escenario tecnológico es intermedia, con una disminución más leve de los valores de conectividad. Las diferencias más apreciables se deben fundamentalmente al desarrollo, en los dos escenarios de la derecha, de nuevas áreas industriales en el entorno de la vía N-432, que generan un mayor aislamiento o insularización de este sector agrícola

En cualquier caso, para poder realizar un análisis más exhaustivo de las diferencias a continuación se presentan los resultados de las comparaciones realizadas entre los escenarios.

9.4.2 LA COMPARACIÓN GLOBAL DE LOS ESCENARIOS

En primer lugar se ha llevado a cabo la comparación de los valores de conectividad 2 a 2 mediante la valoración del cambio existente en % empleando operaciones de álgebra de mapas. Este análisis se ha repetido para cada una de las tres posibles combinaciones de escenarios 2 a 2 existentes: contención vs tecnológico, contención vs incremento residencial y tecnológico vs incremento residencial.

La Figura 9-21 muestra los resultados de la comparación del escenario de contención y del escenario tecnológico, mostrando el % de pérdida de conectividad mostrado por el escenario tecnológico con respecto al escenario de contención:

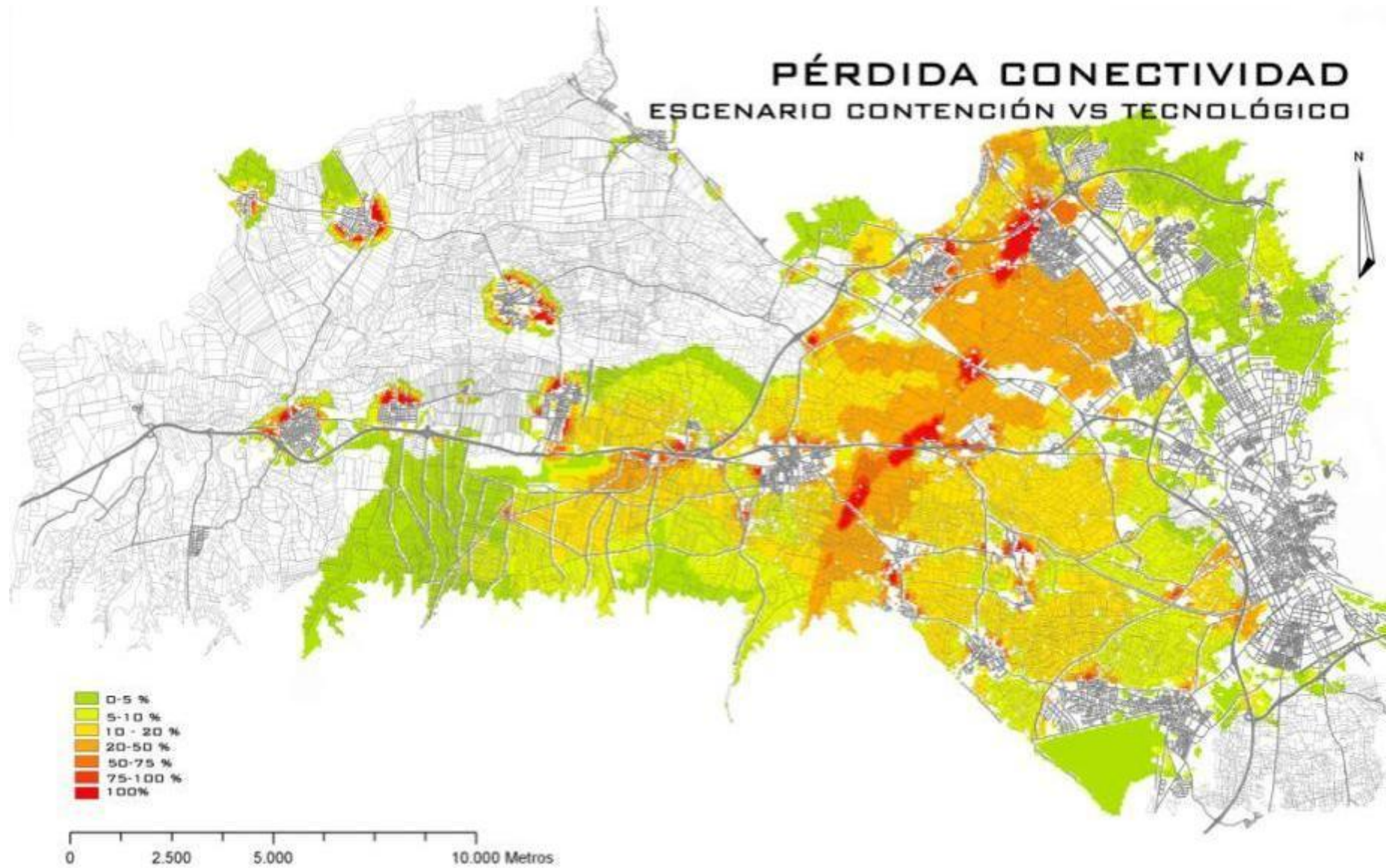


Figura 9-21: Pérdida de conectividad en el escenario de especialización tecnológica con respecto al escenario de contención de la ocupación urbana.

En ella se puede observar como el escenario tecnológico genera una disminución acusada de la conectividad en el paisaje agrario de la AUG, que se extiende a una superficie superior a la de la mitad del ámbito de estudio. En este sentido las principales pérdidas se observan en torno al trazado de la vía de segunda circunvalación de la AUG (Figura 9-22), que en el escenario de contención no estaba incluida mientras que sí lo estaba por el contrario en el tecnológico. Los crecimientos asociados a esta vía, especialmente del uso comercial e industrial y con patrones lineales y nodales, suponen la introducción de una importante barrera en el corazón del mosaico paisajístico de la AUG, que impone una pérdida acusada de conectividad a las áreas circundantes. Esta pérdida se sitúa en valores de entre el 10 y al 75 % para la mayor parte de las áreas circundantes, llegando a alcanzar valores de pérdida total de conectividad para aquellas zonas ocupadas por los nuevos desarrollos que tienen lugar en el escenario tecnológico.

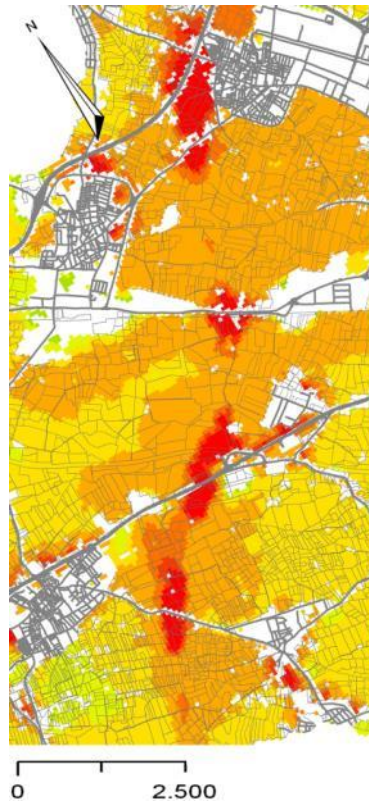


Figura 9-22: Pérdida de conectividad en el entorno del trazado de la "Segunda Circunvalación".

Otro de los lugares más afectados es el sector anteriormente señalado en la comparación visual de los valores de conectividad, que se sitúa al noroeste de la ciudad de Granada (Figura 9-23). Esta área presenta una pérdida comprendida entre el 20 y el 50 % de la conectividad para el escenario tecnológico frente al de contención de la ocupación urbana, debido a la importante ocupación de zonas industriales siguiendo el patrón lineal que se registra en torno a la vía N432 y a la A-92.

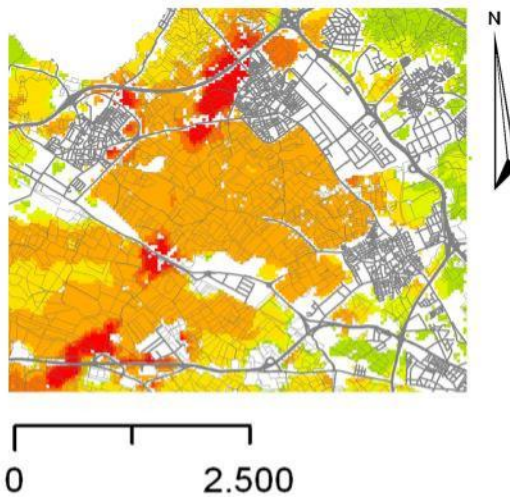


Figura 9-23: Pérdida de conectividad en la zona Noroeste de la ciudad de Granada

Finalmente, el último de los sectores más afectados por la pérdida de conectividad, se encuentra en el área situada inmediatamente al Oeste de la ciudad de Granada (Figura 9-24). Esta zona se ve igualmente afectada por el trazado de la segunda ronda de circunvalación, aunque en este caso la mayor distancia a la misma ocasiona una menor pérdida con respecto la mostrada en la Figura 9-22. Igualmente, en aquellas zonas más cercanas a la ciudad de Granada (derecha de la figura) se observa una mayor pérdida de conectividad debido a algunos crecimientos de suelo industrial en el entorno de los nodos de la ronda A-44.

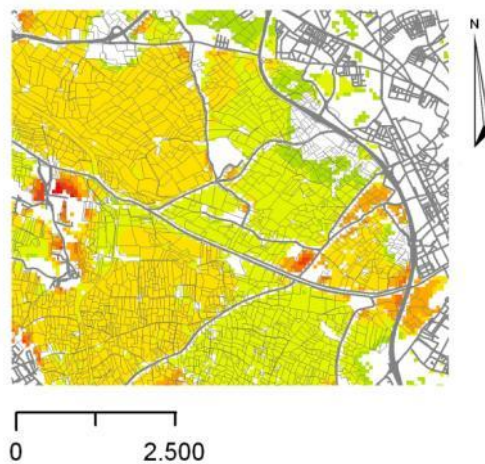


Figura 9-24: Pérdida de conectividad en la zona Oeste de la ciudad de Granada

De este modo, el análisis comparativo de los dos primeros escenarios muestra una disminución general de la conectividad en el escenario tecnológico achacable principalmente al trazado de la segunda ronda de circunvalación así como a los crecimientos de acuerdo con el patrón lineal, que suponen un importante incremento del efecto de barrera ocasionado por los elementos de la red viaria. Este efecto tiene mayor relevancia cuando los crecimientos de acuerdo con este patrón se producen en algún lugar ya de por sí crítico para el mantenimiento de la conectividad, en el que el cierre puntual de un “paso” para el mantenimiento de la conectividad ocasiona pérdidas considerables a un ámbito extenso del mismo (Figura 9-23)

Para continuar con la valoración comparativa de la conectividad se muestra la Figura 9-25, en la que se ponen de manifiesto los valores de disminución de la conectividad existente en el escenario de incremento de la ocupación urbana en comparación con los resultados arrojados por el escenario de contención.

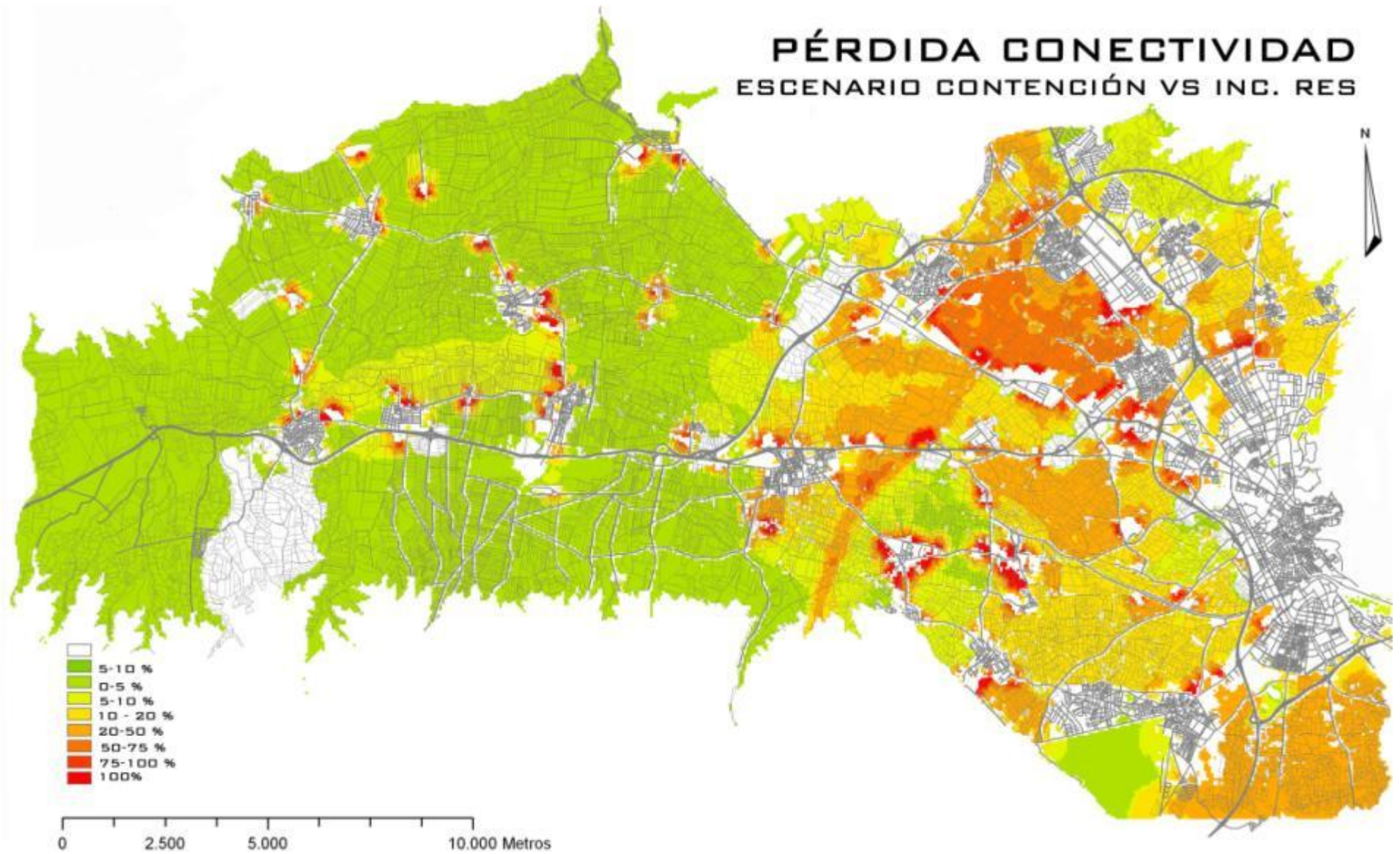


Figura 9-25: Pérdida de conectividad en el escenario de incremento en la ocupación urbana con respecto al escenario de contención

En primer lugar es posible apreciar una mayor disminución de la conectividad en la comparativa de estos dos escenarios con respecto a la anterior, con una pérdida de la misma que afecta prácticamente a la totalidad del paisaje de la AUG, como es el caso del sector de Vega más Occidental (Figura 9-26). Además en muchas de las áreas analizadas anteriormente la pérdida de conectividad es más acusada, lo que anticipa un mayor impacto sobre la misma por parte del escenario de incremento de la ocupación.

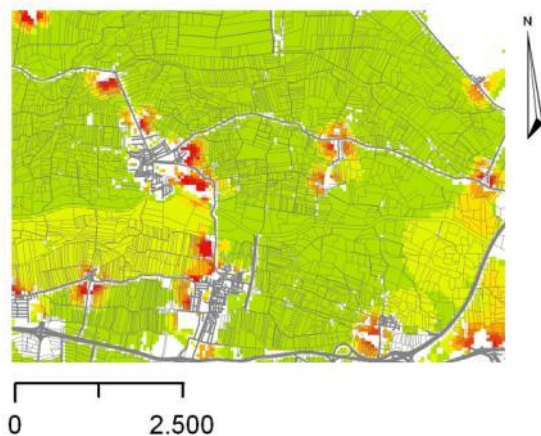


Figura 9-26: Pérdida de conectividad en la zona Occidental del ámbito de estudio

Otra de las áreas seleccionadas para mostrar diferencias se corresponde con el sector del paisaje agrario situado en la Zona Sur de la ciudad de Granada (Figura 9-27). Esta zona, que presentaba una nula diferencia en lo que hacía referencia a los escenarios tecnológico y de contención, presenta en cambio una notable disminución por parte del escenario de incremento en la ocupación, que se sitúa en torno a un 20-50 %

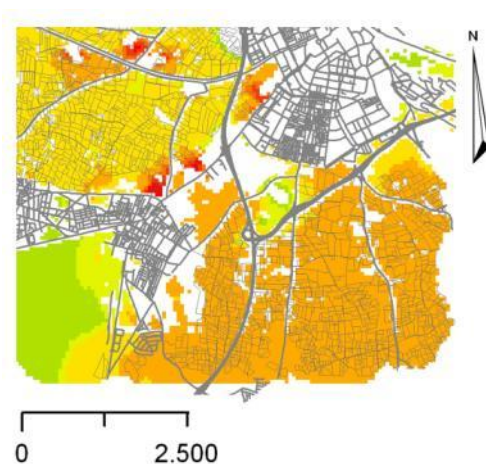


Figura 9-27: Pérdida de conectividad en la Zona Sur de la ciudad de Granada

Igualmente, esta área presenta un importante valor paisajístico, de acuerdo con los usos del suelo existentes en la misma (Capítulo 6). Sin embargo, se encuentra en progresivo proceso de aislamiento con motivo del fuerte desarrollo residencial y el trazado de las principales vías de articulación metropolitana en su entorno (capítulo 3). En el caso del escenario de incremento de la ocupación se genera en ella una fuerte pérdida de la conectividad, ocasionado por el importante crecimiento residencial que se sitúa en torno al nodo de Armilla (Capítulo 3), así como en las zonas próximas a la Ronda Sur de la ciudad de Granada.

La siguiente zona (Figura 9-28), se corresponde con el sector Noroeste de la ciudad de Granada, destacado anteriormente en la comparación de los otros escenarios. En este caso, presenta una pérdida de la conectividad aún más acusada que para el caso del escenario tecnológico, ocasionada por un fuerte crecimiento de las áreas industriales en torno al eje N-432 y de las zonas residenciales en torno a los núcleos

presentes en esta área. Se acentúa pues aún más la fragmentación e insularización de este sector del paisaje agrario, probablemente por la mayor tasa de ocupación aplicada para este escenario, que se traduce en una mayor ocupación urbana.

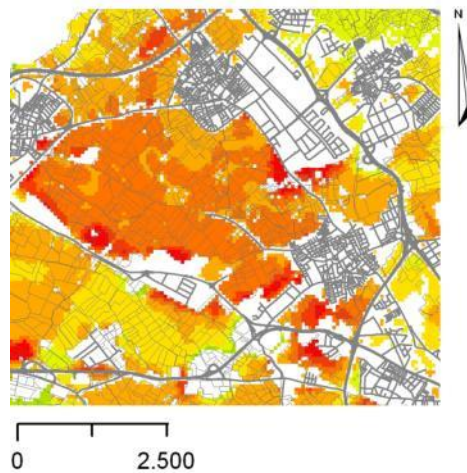


Figura 9-28: Pérdida de conectividad en la Zona Noroeste de la ciudad de Granada

Finalmente, la última área que muestra un comportamiento destacable se encuentra en el sector del paisaje agrario más inmediato situado al Oeste de Granada. En este caso se observa igualmente una pérdida de conectividad más acusada que para la comparación de los escenarios tecnológico y de contención, con motivo de los crecimientos residenciales que de acuerdo con el patrón agregado tienen lugar en el término municipal de Vegas del Genil (núcleos urbanos en la zona inferior izquierda de la imagen), así como de los crecimientos industriales en el sector situado en la zona superior derecha de la imagen (Nodo de intersección N-432 y A-44). Por ello se muestra en la margen derecha del río Genil (centro de la imagen) una disminución de la conectividad de en torno al 20-50 %

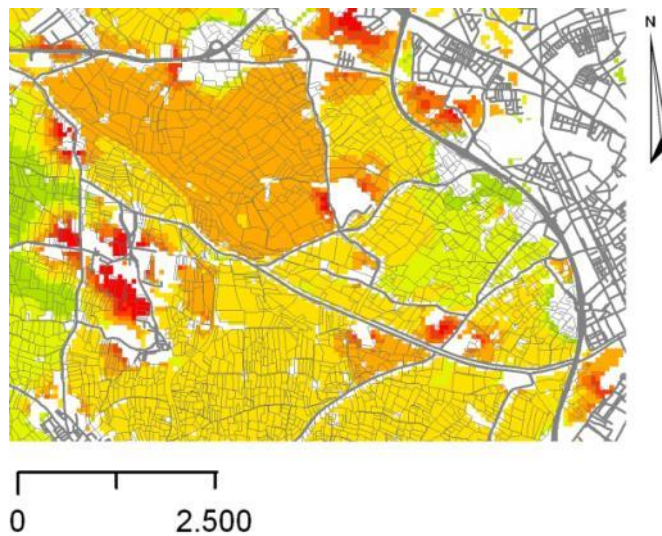


Figura 9-29: Pérdida de conectividad al Oeste de la ciudad de Granada

Finalmente, la última de las parejas de escenarios a comparar es la compuesta por el escenario tecnológico y el escenario de incremento residencial (Figura 9-30). El interés principal de esta comparación reside en valorar el grado de influencia que presenta la segunda ronda de circunvalación, la cual está presente en ambos escenarios, así como las diferencias introducidas por los distintos patrones de ocupación que caracterizan los crecimientos urbanos de cada uno de ellos

PÉRDIDA DE CONECTIVIDAD

ESCENARIO TECNOLÓGICO VS INC. RES

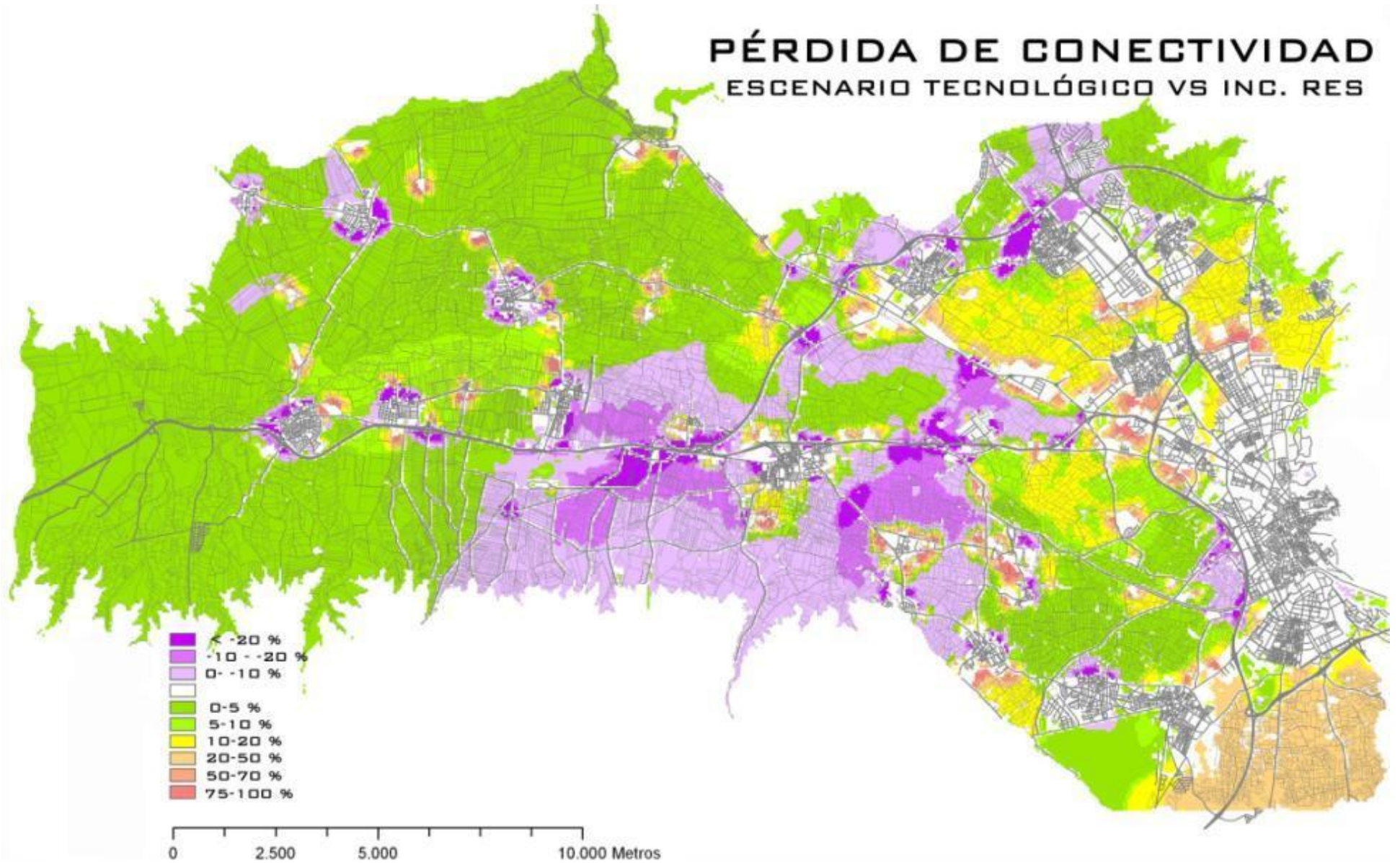


Figura 9-30: Pérdida de conectividad en el escenario de incremento en la ocupación urbana con respecto al escenario de especialización tecnológica

Se pueden apreciar aquellos lugares en los que existe un mayor valor de conectividad para el escenario tecnológico (en escala de color de verde a rojo) así como los lugares en los que existe una mayor conectividad para el escenario de incremento de la ocupación (en tonos violeta). A nivel general los valores son más bajos para el escenario de incremento de la ocupación urbana, al menos en lo que a superficie se refiere. En este sentido, toda la zona occidental supone una pérdida de hasta el 5 % de conectividad para este escenario con respecto al tecnológico. Por su parte en la zona más oriental, también encontramos unos valores más bajos para el escenario de incremento, especialmente en el sector Sur de la ciudad de Granada, así como al Noroeste de dicha ciudad, con unas disminuciones que pueden suponer desde el 20 al 50 % en el primer caso, y del 10 al 20 % en el segundo.

Por el contrario, en la parte central del ámbito se observan unos valores de conectividad más bajos para el escenario tecnológico (tonos violeta) con respecto al escenario de incremento. Este hecho se debe a los crecimientos de suelo industrial de acuerdo con el patrón lineal que tienen lugar en el entorno de la vía A92, que incrementan la fragmentación del paisaje en las cercanías del núcleo urbano de Santa Fé (Figura 9-31); así como a los crecimientos nodales de áreas comerciales en el entorno de la segunda ronda de circunvalación (Figura 9-32). Estos crecimientos ocasionan una disminución de la conectividad en el sector agrícola de las proximidades de los núcleos urbanos de Belicena, Purchil y Ambroz.

PÉRDIDA CONECTIVIDAD ESC.TEC

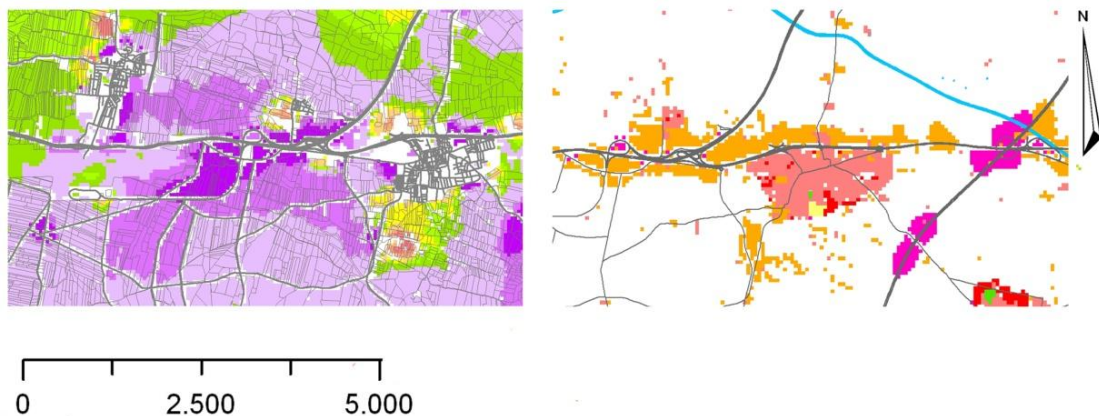


Figura 9-31: Pérdida de conectividad del escenario tecnológico frente al de incremento de la ocupación urbana en el entorno del núcleo urbano de Santa Fé

PÉRDIDA CONECTIVIDAD ESC.TEC

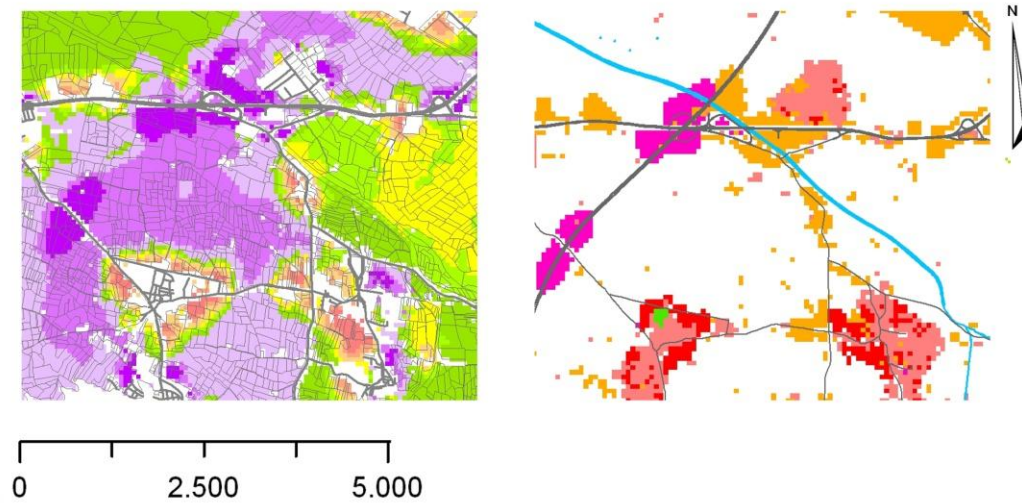


Figura 9-32: Pérdida de conectividad del escenario tecnológico frente al de incremento de la ocupación urbana en el entorno del término Municipal de Vegas del Genil

9.4.3 EL EMPLEO DE LOS TRANSECTOS PARA LA COMPARACIÓN DE LOS ESCENARIOS

Mostradas las principales diferencias en la conectividad mediante algebra de mapas, a continuación se ha abordado su comparación a través del empleo de dos tipos de transectos o perfiles. El primero de ellos consiste en la presentación de los valores de costes ecológicos (inverso conectividad)⁸ conjuntamente con los valores de ocupación urbana existentes en cada área, representados por el nodo de la red viaria que los sirve, en un transecto Este-Oeste para los primeros 20 Km del área de estudio, constituyendo un análisis similar al realizado en el capítulo 4 para los perfiles de ocupación urbana. Ha sido por ello necesario realizar nuevos análisis de accesibilidad para los 3 escenarios (2 incluían la nueva vía de circunvalación con la creación de nuevos nodos y otro no) que han permitido asignar a cada nodo los valores de ocupación urbana correspondientes.

El otro de los transectos tiene como objetivo mostrar los valores de cambio de la conectividad entre escenarios dos a dos. Se ha realizado a lo largo del cauce del río Genil, como principal eje articulador eco-paisajístico del paisaje agrario, por su carácter transversal a lo largo del área de estudio así como por su valor ambiental, especialmente a partir de la zona central del ámbito. (Figura 9-33)⁹. Estas características lo convierten en un buen indicador del "funcionamiento" del paisaje de la AUG y por ello ha sido considerado para la realización de los transectos.

⁸ Cuanto más altos sean estos valores, menor será la conectividad

⁹ El primer grupo de transectos en los que se compara la conectividad con los valores de ocupación urbana no ha podido realizarse de acuerdo con el río Genil debido a la necesidad de seleccionar un transecto que se correspondiese con el mayor número posible de nodos. Por ello se ha optado por el trazado de la A92 + A92G, que sigue un recorrido que atraviesa completamente el ámbito de estudio.



Figura 9-33: Río Genil en el área central del ámbito de estudio.

En ambos transectos se representará en el eje de abscisas la distancia en metros desde el comienzo del transecto (en el borde de la ciudad de Granada), y en el eje de ordenadas bien los valores de costes ecológicos (transecto 1) o bien los cambios de los valores de conectividad entre dos escenarios, en porcentaje (transecto 2).

De esta forma, se puede obtener una representación sencilla de las principales alteraciones de la conectividad a lo largo del ámbito de estudio, así como las diferencias existentes en ella para cada escenario y su relación con la ocupación urbana.

9.4.3.1 LOS TRANSECTOS DE LOS CAMBIOS EN LA CONECTIVIDAD 2 A 2.

Este primer grupo de transectos mostrará a lo largo del río Genil las diferencias de conectividad del paisaje existentes entre los escenarios comparados 2 a 2. La primera de las comparativas se ha realizado entre los escenarios de contención y tecnológico (Figura 9-34). En él se puede observar cómo las mayores pérdidas de conectividad del escenario tecnológico con respecto al de contención, (ya mostradas en la Figura 9-21) se concentran en torno al trazado de la segunda circunvalación y los nodos que presenta, los cuales acumulaban en el escenario tecnológico importantes crecimientos nodales de usos comerciales. Estas pérdidas llegan a situarse en el 100 % de la conectividad en el entorno del río, como consecuencia de la ubicación de un nodo sobre él, el cual es ocupado en el escenario tecnológico.

De esta forma, la ubicación de un nodo de una importante infraestructura metropolitana supone una importante alteración de la función del paisaje a lo largo de su más importante elemento vertebrador.

Por el contrario, encontramos una pequeña pérdida de conectividad para el escenario de contención con respecto al tecnológico, kilómetros más adelante, en el entorno de otro nodo (en este caso de la A-

92) que era ocupado por zonas industriales en el escenario de contención. Sin embargo, a pesar de situarse en las cercanías del río, la pérdida de conectividad que experimenta frente al escenario tecnológico es inferior al 20 %, y a lo largo de un sector muy reducido.

Se puede concluir el análisis comparado de estos escenarios subrayando el efecto negativo sobre la conectividad del paisaje en el entorno del río Genil introducida por la segunda ronda de circunvalación y los crecimientos nodales sobre los nuevos nudos de la misma que tienen lugar en el escenario tecnológico.

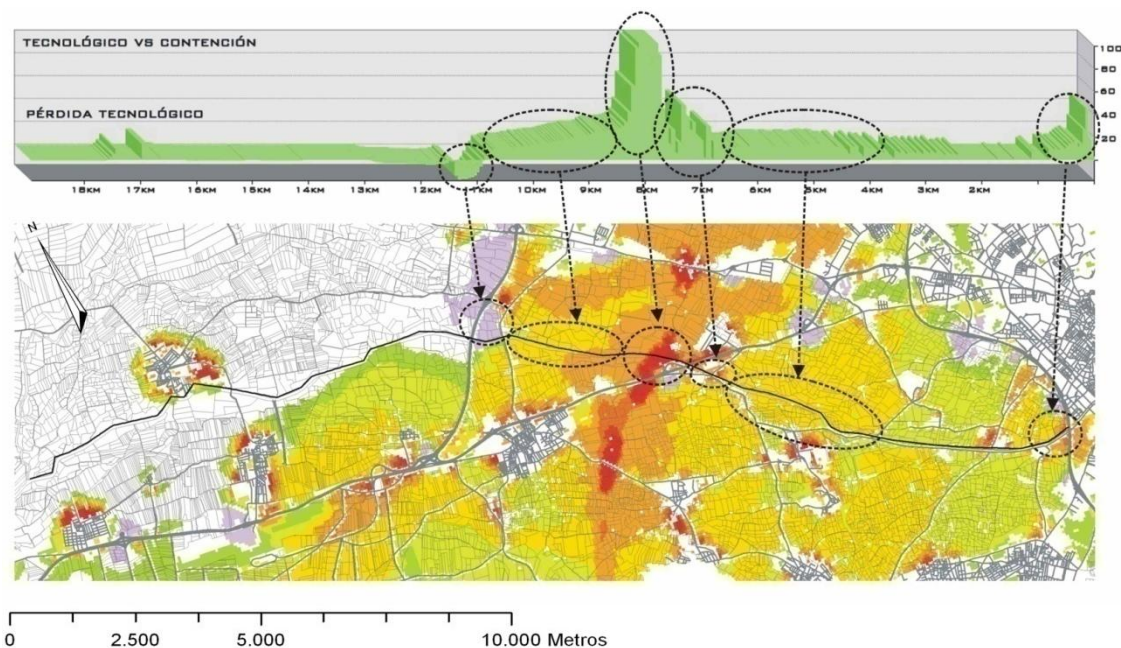


Figura 9-34: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de especialización tecnológica frente al escenario de contención en la ocupación

La segunda pareja de escenarios a comparar la constituyen el escenario de contención y el escenario de incremento de la ocupación (Figura 9-35), con un comportamiento a lo largo del transecto muy similar al señalado en la anterior comparativa, pero con algunos matices interesantes. En este sentido se puede señalar como la afección en el entorno del ya citado nodo de la segunda ronda de circunvalación es menor en extensión que en el caso anterior, a pesar de suponer igualmente una disminución del 100 % de la conectividad. Sin embargo, en las áreas inmediatamente anteriores a ésta, en el entorno del núcleo de Purchil, la pérdida de conectividad es más acusada que en la anterior comparativa, debido a los crecimientos de éste núcleo y los otros dos que forman parte del término municipal de Vegas del Genil.

Por otra parte, en torno a los 2km del transecto, se observa una pérdida de conectividad asociado al crecimiento de las áreas urbanas existentes en ese ámbito. Este hecho también sucede, pero en este caso alrededor del km 17, en las proximidades del núcleo de Fuente Vaqueros, se registra una pérdida de conectividad, asociada al crecimiento que este núcleo experimenta.

En lo que respecta a la pérdida asociadas al escenario de contención únicamente se concentra, al igual que en la anterior comparativa, en torno al nodo de la A-92 situado en el km 11 del transecto, donde la pérdida de conectividad con respecto al escenario de incremento de la ocupación es de en torno al 20%.

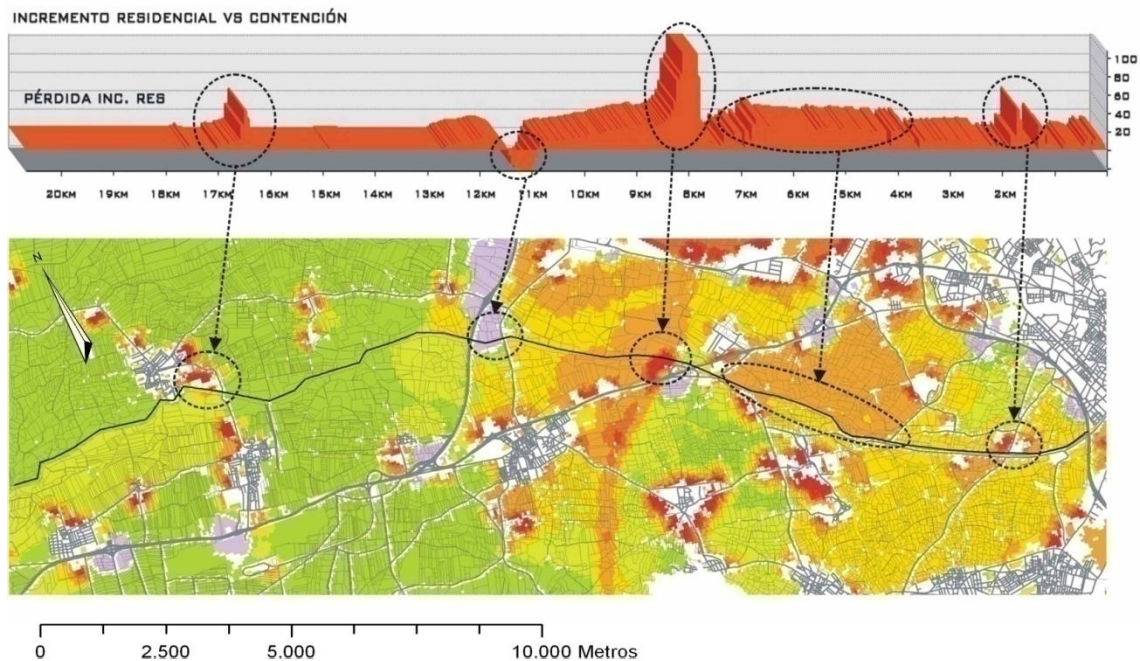


Figura 9-35: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de incremento en la ocupación frente al escenario de contención.

Finalmente, la comparativa entre los escenarios tecnológico y de incremento de la ocupación (Figura 9-36) pone de manifiesto las principales diferencias ya señaladas anteriormente a través de las dos comparaciones anteriores. Éstas son:

Una disminución de la conectividad más acusada del escenario tecnológico en el entorno de la segunda circunvalación, que puede situarse en torno al 20 % de la existente para el caso del escenario de incremento, así como en el entorno de la ciudad de Granada, al comienzo del transecto.

Una pérdida de conectividad a lo largo de la mayor parte del trayecto en el caso del escenario de incremento de la ocupación urbana, especialmente en el entorno del núcleo de Fuente Vaqueros (km 17), tras el nodo de la A92 sobre el Genil (km 12) y las zonas previas al cruce de la segunda circunvalación con el río (km 4-7).

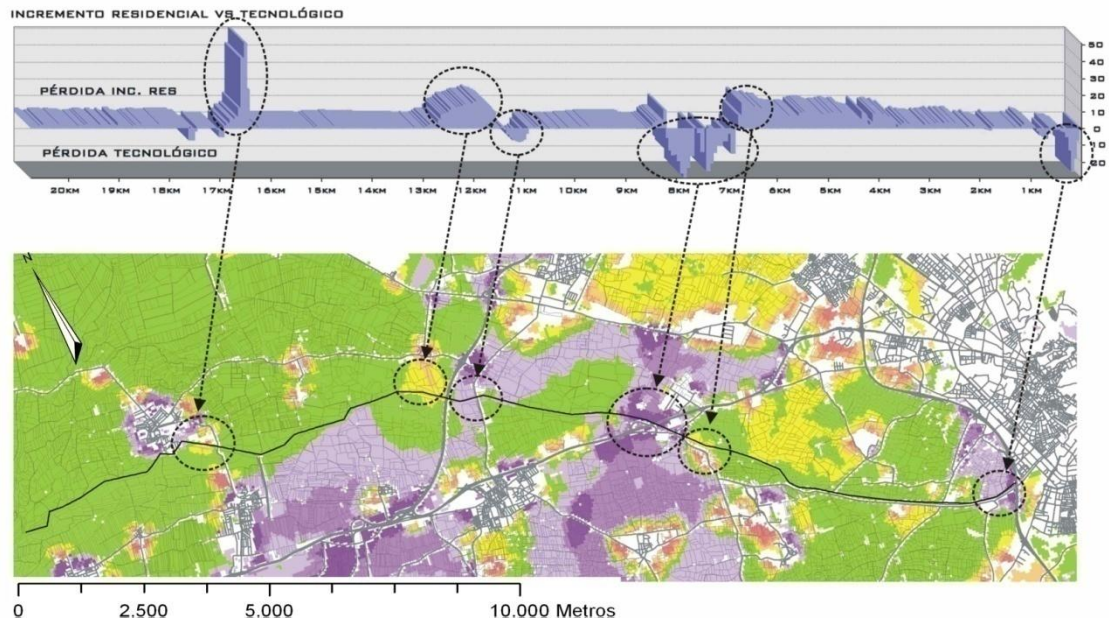


Figura 9-36: Transecto mostrando los cambios en la conectividad del escenario de incremento en la ocupación frente al escenario de especialización tecnológica.

De forma sintética, tras la valoración de los tres escenarios a través de la comparación de los valores globales de conectividad así como sobre el transecto seleccionado para el Río Genil, la Tabla 9-10 muestra los resultados de dicha valoración:

Escenario	Valoración global	Valoración del transecto sobre el río Genil
Escenario de contención del crecimiento urbano	El escenario de contención es el que presenta una mayor conectividad a nivel global, como revela la comparación con los otros dos escenarios	Salvo en una zona muy puntual, coincidente con unos crecimientos nodales en el entorno de la A-92, este escenario presenta los valores más bajos de presión sobre el río Genil.
Escenario de especialización tecnológica	El escenario de especialización tecnológica muestra una pérdida global frente al escenario de contención, especialmente en aquellas áreas más orientales del ámbito de estudio, aunque menor que en el caso del escenario de incremento de la ocupación. En cualquier caso en algunas áreas presenta la mayor pérdida, ocasionadas por crecimientos lineales.	La presión sobre el río Genil es importante en este escenario como consecuencia de los crecimientos nodales surgidos en el entorno de la segunda circunvalación.
Escenario de incremento de la ocupación urbana	Este escenario es el que muestra una mayor pérdida de la conectividad a nivel general, ocasionada por la mayor ocupación urbana.	Presenta la mayor presión sobre el río Genil, especialmente en algunas áreas puntuales como Fuente Vaqueros

Tabla 9-10: Valoración sintética de los resultados de los análisis de la conectividad.

9.4.3.2 LOS TRANSECTOS DE LOS VALORES DE CONECTIVIDAD EN RELACIÓN CON LA OCUPACIÓN URBANA

A través del segundo grupo de transectos, y una vez comparados los escenarios 2 a 2, se pretende mostrar los valores de costes ecológicos (como inverso de la conectividad) en cada uno de los escenarios, en relación con los valores de ocupación urbana existentes en su entorno. Para ello se ha optado por mostrar la ocupación urbana a través de su relación con la accesibilidad, de forma similar a la mostrada en el capítulo 4, en la que se asignaba a cada nodo la carga urbana correspondiente a toda su área de influencia.

De esta forma se ha seleccionado un transecto que recorre en el eje este-oeste una gran parte de los nodos existentes, con el objetivo de enriquecer este análisis es la medida de lo posible. La Figura 9-37 lo muestra.

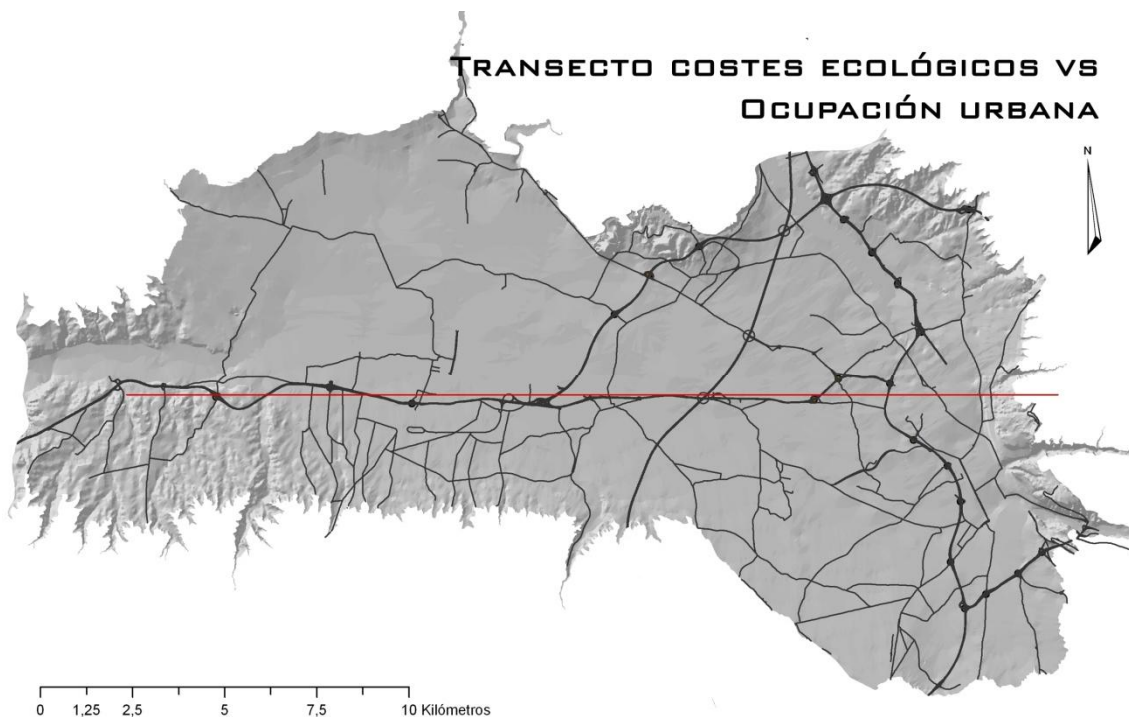


Figura 9-37: Transecto Este-Oeste seleccionado.

A continuación ha sido necesario repetir los análisis de accesibilidad, con el objetivo de obtener las nuevas áreas de influencia, ya que el escenario tecnológico y el de incremento de la ocupación urbana presentaban el trazado de una nueva vía metropolitana, y posteriormente se han asignado las nuevas áreas urbanas simuladas en los tres escenarios a los diferentes nodos y respectivas áreas tributarias. Para ese mismo transecto se han obtenido igualmente los valores de costes ecológicos (cuanto más altos sean, más baja será la conectividad), de tal forma que se pueden comparar los valores y variaciones de las dos variables a lo largo del transecto. La Figura 9-38 muestra los resultados para los tres escenarios.

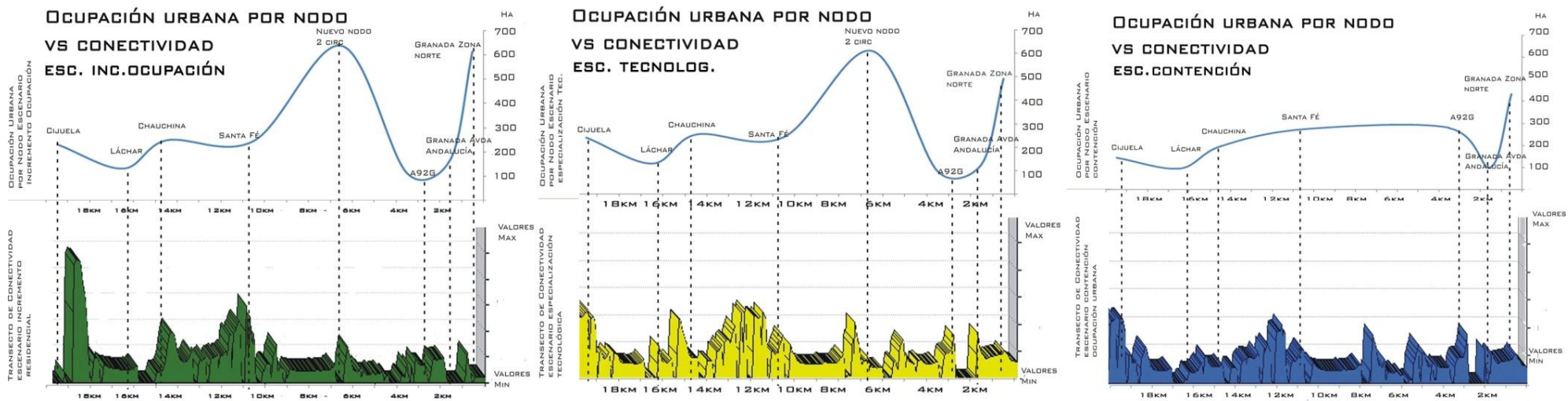


Figura 9-38: Comparativa ocupación urbana vs conectividad mediante transectos en los tres escenarios simulados.

Como se puede observar en primer lugar, los valores de la ocupación urbana (en la parte superior) en los dos primeros escenarios (incremento de la ocupación y de especialización tecnológica) son muy similares (algo superiores en la región más oriental en el caso del escenario de incremento). Sin embargo, dicha ocupación urbana es mucho menor en el caso del escenario de contención, especialmente en la zona central del transecto. Este hecho se debe, aparte de a una mayor ocupación urbana generada para los otros dos escenarios en las simulaciones, a la ubicación de un nuevo nodo de la nueva ronda propuesta, que traslada a esta área central la carga urbana de una zona muy extensa, debido al gran tamaño de su área de influencia (Figura 9-39).

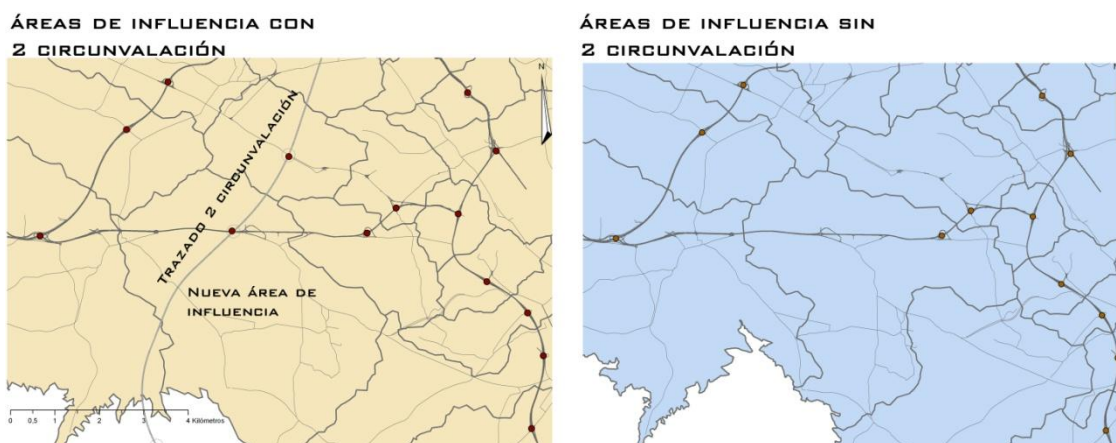


Figura 9-39: Cambio en las áreas de influencia de los nodos por el trazado de la segunda circunvalación

Por su parte los valores de costes ecológicos, presentan una diferencia que no es especialmente elevada, si bien se puede observar cómo el escenario de contención generalmente es el que menos valores presenta. Sin embargo, los valores de costes para este escenario son algo elevados, al discurrir el transecto por los diferentes nodos, y acumular en ellos buena parte de los crecimientos (patrón nodal)¹⁰.

Por su parte, el escenario tecnológico presenta los valores más altos de costes en la mayor parte del transecto. Este hecho se debe a los crecimientos lineales que se sitúan muy próximos a las vías metropolitanas en las que se ha realizado. En cualquier caso se puede observar cómo los valores más altos en términos absolutos se muestran en el último sector para el escenario de incremento de la ocupación, que muestra un crecimiento urbano importante en el entorno del núcleo urbano de Cijuela.

El análisis comparado de ambos aspectos, costes y ocupación urbana, puede ayudar a mostrar algunas lecturas interesantes, que conviene desarrollar:

En primer lugar, se puede observar la localización de nodos con una carga urbana elevada, como pueden ser los nodos de la segunda circunvalación, con unas 600 ha ocupadas para el escenario tecnológico (Figura 9-40). Sin embargo sucederá en algunas ocasiones que la alta ocupación de dichos nodos no se traduzca de forma inmediata en un incremento de los costes ecológicos en sus alrededores más inmediatos, aunque estas áreas experimentarán una posible tendencia a la transformación de su entorno. Se pueden pues identificar áreas tendentes a procesos de densificación y a un incremento de los costes ecológicos en su entorno (Figura 9-40)

¹⁰ Como se mostrará en el siguiente análisis de transectos, y como se ha observado igualmente en la comparación global de los escenarios, el escenario de contención presenta generalmente unos valores de costes ecológicos bastante más bajos (o la conectividad más alta) que los en la mayor parte de las áreas periurbanas.

ESCENARIO TECNOLÓGICO

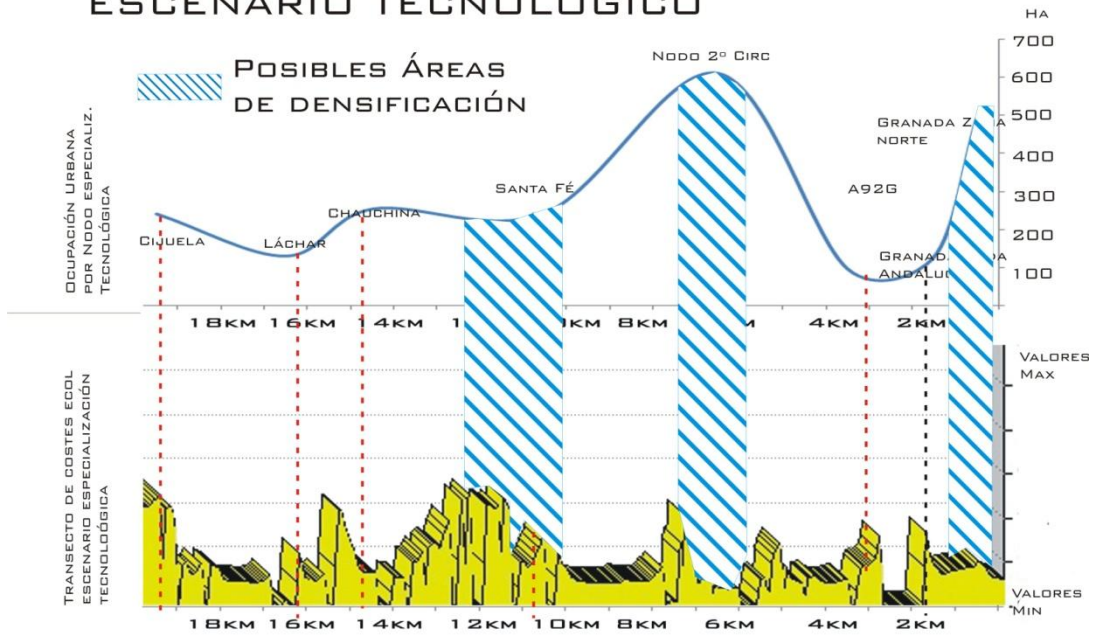


Figura 9-40: Posibles zonas de densificación futura.

Igualmente, aquellas áreas con baja ocupación urbana y bajos costes ecológicos se pueden considerar como pasillos ambientales, que podrían implementarse como áreas que mantienen la conectividad a ambos lados del transecto identificado. Estas áreas quedan representadas en la Figura 9-41, y serán empleadas en el capítulo 10 para el diseño de las propuestas de articulación de espacios libres en relación con la accesibilidad y la ocupación urbana.

ESCENARIO TECNOLÓGICO

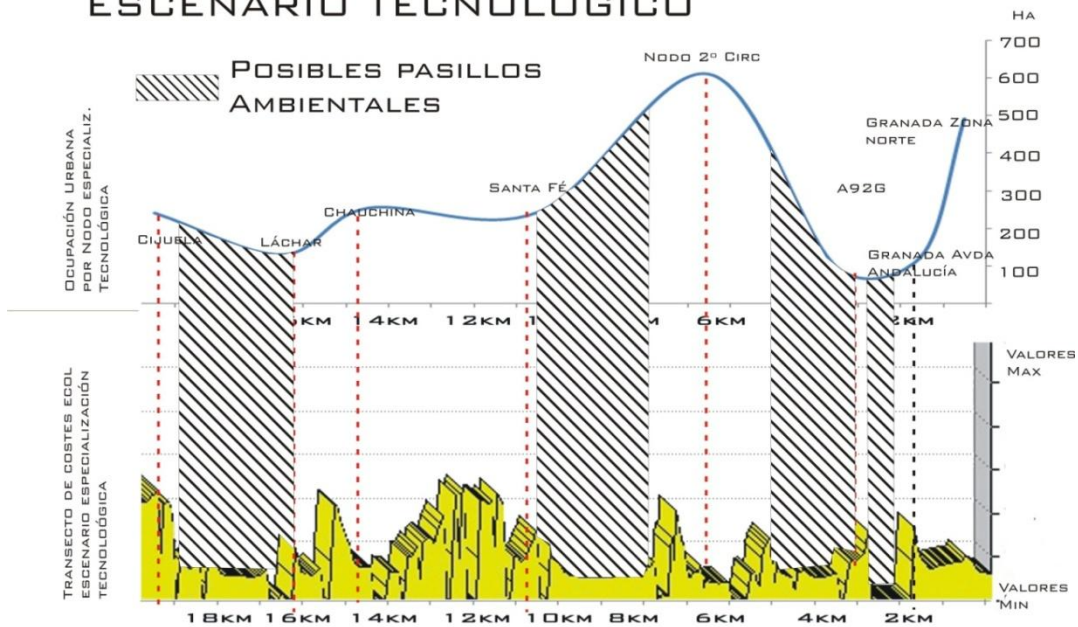


Figura 9-41: Áreas que pueden funcionar como pasillo ambientales para el mantenimiento de la conectividad a ambos lados del eje formado por la A92 y la A92G.

9.5 CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS

A la vista de los valores mostrados por la comparación de los escenarios a través de las cartografías de cambio en la conectividad, del transecto a lo largo del río Genil, y del análisis comparado de la ocupación urbana y la conectividad, se presenta una valoración final de los resultados obtenidos.

- La conectividad puede ser empleada como elemento de comparación de las afecciones que los diferentes modelos y formas de ocupación urbana introducen sobre el paisaje metropolitano.
- En este sentido, el escenario de contención muestra unos valores más altos de conectividad a nivel general que los existentes para los otros dos escenarios
- Algunas de las principales pérdidas de conectividad tienen lugar sobre zonas en un progresivo proceso de fragmentación (ver Figura 9-27 y Figura 9-28), como las situadas al Sur y al Noroeste de la ciudad de Granada.
- Los crecimientos nodales sobre el río Genil propiciados por el trazado de la segunda circunvalación en el escenario tecnológico suponen una pérdida considerable de la conectividad en el entorno del mismo, de una forma más acentuada que en el escenario de incremento residencial.
- Los crecimientos de acuerdo con el patrón lineal en los entornos de las grandes vías de comunicación suponen una pérdida muy elevada de la conectividad, como ha quedado patente en el escenario tecnológico y en su comparación con el escenario de incremento residencial (Figura 9-36)
- Existen áreas especialmente críticas, en las que nuevos desarrollos urbanos suponen pérdidas de conectividad muy relevantes, por suponer aislamientos completos de áreas extensas. En este sentido es un buen ejemplo la situación de las áreas agrícolas situadas al noroeste de la ciudad de Granada (Figura 9-23), o los crecimientos en el entorno de la segunda circunvalación.
- A pesar de que el escenario de contención muestra los peores valores de conectividad a nivel general, el escenario tecnológico muestra un comportamiento muy negativo para el entorno del río Genil en algunos casos. Este hecho plantea la necesidad de definir áreas sensibles en las que crecimientos en la ocupación urbana pueden alterar elementos importantes que pueden actuar como articuladores del paisaje.
- Los procesos de conurbación son elementos negativos para la conectividad del paisaje, debido al aislamiento de importantes áreas agrícolas que ocasionan. A este respecto el caso de la zona agrícola al Sur de la ciudad de Granada (Figura 9-27) es un buen ejemplo de ello.
- El análisis comparado de la ocupación urbana y la conectividad (mediante el empleo de análisis de accesibilidad) muestra la posibilidad de establecer estrategias de conexión ambiental a la vez que se ponen de manifiesto áreas con una posible tendencia a ser ocupadas.

- De acuerdo con los aspectos comentados, es necesario diseñar y aplicar instrumentos de planificación que permitan la existencia y el mantenimiento de una red que garantice la conectividad y los procesos ecológicos que tienen lugar en el paisaje periurbano.

10. CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN EN ÁREAS METROPOLITANAS. EL EJEMPLO DE LA AUG.

RESUMEN

En este capítulo, como síntesis final del trabajo, se presentan un conjunto de criterios de planificación inferidos a partir de los análisis e instrumentos desarrollados, para el ámbito de la AUG. Estos criterios a su vez han permitido la generación de un escenario futuro que aglutine las principales propuestas materializadas como aplicación integrada, así como el diseño conceptual de un sistema de ayuda a la decisión, que podría ser implementado como herramienta que evalúe y decida alternativas en ámbitos metropolitanos, especialmente desde un enfoque eco-paisajístico.

Palabras clave

Criterios de planificación, áreas metropolitanas, sistema de ayuda a la decisión, escenarios

ABSTRACT

Based on the previous analyses, a set of planning criteria are presented and described. This set of criteria was applied in the study area to generate a future scenario proposal. After that, these criteria were integrated into a conceptual design of a Planning Support System, which is defined as a tool to help in the decision making process in a metropolitan area.

Keywords: Planning criteria metropolitan areas, Planning Support System, scenarios

ÍNDICE DE CAPÍTULO

10.	CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN EN ÁREAS METROPOLITANAS. EL EJEMPLO DE LA AUG.	308
10.1	INTRODUCCIÓN.	311
10.2	LA ELABORACIÓN DE CRITERIOS PARA LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA ECO-PAISAJÍSTICA.	311
10.2.1	CRITERIOS. ENUNCIADO Y CLASIFICACIÓN.	311
10.2.2	CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD.	315
10.2.3	CRITERIOS MORFOLÓGICOS Y ESPACIALES.	317
10.2.4	CRITERIOS CONECTIVOS Y PAISAJÍSTICOS.	324
10.3	LA GENERACIÓN DE UN ESCENARIO FUTURO. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS.	342
10.4	HERRAMIENTAS DE AYUDA A LA DECISIÓN: LAS HERRAMIENTAS DESARROLLADAS AL SERVICIO DE LA PLANIFICACIÓN Y LA TOMA DE DECISIONES.	344

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10-1:	Bloques en los que se agrupan los criterios derivados.	312
Figura 10-2:	Tres bloques de criterios de planificación propuestos.	313
Figura 10-3:	Criterio de saturación metropolitana de nodos.	316
Figura 10-4:	Subcriterio de localización de nuevas centralidades y actividades.	317
Figura 10-5:	Evolución del número de fragmentos urbanos (PN).	318
Figura 10-6:	Evolución del tamaño medio de los fragmentos (MPS).	318
Figura 10-7:	Conurbación Sur en el AUG (2008). Al menos 5 núcleos urbanos distintos aparecen en la figura, que actualmente muestra un continuo urbano en el que apenas existe una infraestructura viaria que articule el sistema de asentamientos.	320
Figura 10-8:	Subcriterio de evitar áreas de conurbación por crecimientos agregados.	320
Figura 10-9:	Áreas en las que evitar crecimientos lineales en torno a las principales vías de comunicación.	322
Figura 10-10:	Área industrial ubicada entre los núcleos urbanos de Albolote, Maracena y Peligros (izquierda). Zona industrial dispersa al sur del núcleo urbano de Santa Fé.	322
Figura 10-11:	Diversificación de áreas monofuncionales.	323
Figura 10-12:	etapas en el proceso de diseño de una red de espacios libres o greenways. (Fuente: Adaptado de Hellmund y Smith, 2006)	324
Figura 10-13:	Nodos para el establecimiento de un sistema de espacios libres metropolitano.	325
Figura 10-14:	Grafos representando algunos esquemas de redes a la hora de implementar un sistema de espacios libres. Adaptado de Benedict and McMahon (2006)	326
Figura 10-15:	Representación esquemática del sistema de espacios libres.	326
Figura 10-16:	Elementos potencialmente conectores en el territorio de la AUG.	327

Figura 10-17: Selección de la red de elementos conectores para la articulación del sistema de espacios libres	328
Figura 10-18: Sistema de espacios libres a escala territorial para el AUG.....	328
Figura 10-19: Imagen del parque del río manzanares (mrío arquitectos, 2008).....	329
Figura 10-20: Situación previa a la implementación del sistema de espacios libres en el entorno del río Genil en su confluencia con los ríos Beiro y Dílar.	330
Figura 10-21: Situación propuesta tras la implementación del sistema de espacios libres en el entorno del río Genil.....	333
Figura 10-22: Situación previa a la implementación.....	335
Figura 10-23: Situación propuesta tras la implementación del sistema de espacios libres entre los municipios de Atarfe y Santa Fé.	337
Figura 10-24: Accesos al paisaje agrario conformado por la Vega de Granada a través de la vía metropolitana A-44 en dos puntos: sector Genil (izquierda) y Beiro (derecha).	338
Figura 10-25: Borde e interfase urbana-paisaje en la ciudad de Granada, con el río Genil como principal elemento conductor.	340
Figura 10-26: Propuesta de conexión Ciudad Sistema de espacios libres a través del diseño de un conjunto de parques.....	341
Figura 10-27: Escenario de propuesta generado a partir de los diferentes criterios diseñados.....	343
Figura 10-28: Diseño esquemático del funcionamiento del Sistema de Ayuda a la Decisión propuesto	347

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10-1: Evolución del PN y del MPS para los usos industriales y residenciales en la AUG en el período de estudio.....	318
Tabla 10-2: Sistema de indicadores de monitorización de los crecimientos urbanos en la AUG.....	319
Tabla 10-3: Formulación del escenario de propuesta a través de la aplicación de los criterios desarrollados.	344

10.1 INTRODUCCIÓN.

La formulación de un conjunto de criterios de planificación en la AUG es consecuencia natural y necesaria de los procesos de interpretación del cambio metropolitano en sus distintos aspectos, de la simulación de escenarios futuros de desarrollo territorial, de la valoración de sus características espaciales a través de las métricas de análisis espacial, así como de la determinación de la afectación del paisaje y de los análisis de los cambios en la conectividad del mismo. De esta forma, el diseño, elaboración y aplicación de criterios trata de culminar, desde una perspectiva eco-paisajística, el proceso de interpretación (capítulos 3 a 6)/simulación (capítulo 7)/ y valoración (capítulos 8 y 9) del cambio metropolitano, aportando a la planificación de áreas metropolitanas nuevos instrumentos que permiten un enfoque más racionalista (basado en el seguimiento y la evaluación) (Pettit y Pullar, 1999) de la misma, como se esbozará a través del planteamiento de un sistema de ayuda a la toma de decisiones en planificación.

A lo largo de este capítulo se plantea en una primera etapa la descripción de un conjunto de criterios de planificación para el AUG, pero que pueden ser extrapolados, siempre como consecuencia de un proceso analítico previo, a otras áreas o regiones metropolitanas (epígrafe 10.2). Estos criterios, agrupados en tres bloques, permitirán a su vez la generación de un escenario metropolitano de desarrollo territorial alternativo a los escenarios simulados, y consecuencia de la aplicación de los mismos (epígrafe 10.3). Como resulta obvio, este escenario, que no será omnicomprensivo dada la complejidad e incertidumbre que caracteriza a los procesos metropolitanos, sí tendrá en cualquier caso un carácter integrador y global gracias al uso de los diferentes instrumentos que ha dado cobertura empírica a los fundamentos teóricos de la tesis (ecología del paisaje, análisis espacial...)

Por último, se propone el diseño conceptual de un sistema de ayuda a la decisión (Carsjens y Ligtenberg, 2007) que aglutine los criterios descritos y que además emplee las herramientas de simulación generadas en este trabajo, de tal modo que se garantice la valoración de las diversas alternativas que puedan ser propuestas por el planeamiento sectorial, regional o local.

10.2 LA ELABORACIÓN DE CRITERIOS PARA LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA ECO-PAISAJÍSTICA.

A lo largo del desarrollo de la tesis, el estudio, de los cambios metropolitanos que han tenido lugar en el AUG, así como las experiencias de simulación y evaluación de escenarios, han aportado multitud de instrumentos y herramientas que necesariamente se deben plasmar en la generación de propuestas, criterios y recomendaciones para la planificación en la AUG, muchos y muchas de las cuales pueden ser extrapolables en el estudio y diseño de propuestas de áreas metropolitanas. Estos criterios o recomendaciones constituyen en sí un valioso instrumento para el establecimiento de nuevas propuestas tras el diseño de escenarios futuros

10.2.1 CRITERIOS. ENUNCIADO Y CLASIFICACIÓN

Los criterios elaborados se han agrupado en tres bloques principales, en función de los principales aspectos a los que hacen referencia, y que a su vez se encuentran vinculados con los diversos análisis realizados en la tesis. Estos bloques principales son (Figura 10-1):

- Criterios de accesibilidad
- Criterios morfológicos y espaciales
- Criterios conectivos y paisajísticos

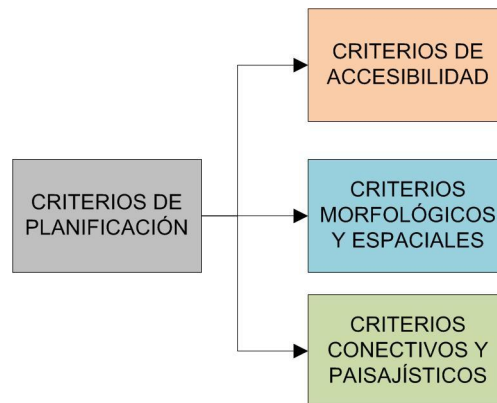


Figura 10-1: Bloques en los que se agrupan los criterios derivados

En el primer bloque, se abordan los criterios derivados de la relación entre la accesibilidad y la ocupación urbana que surge como consecuencia de los análisis realizados en el capítulo 4, en los que se pone en relación la ocupación urbana y la accesibilidad, y que también se ponen de manifiesto en la formulación y simulación de escenarios futuros (capítulo 7). A partir de aquí se derivan igualmente fundamentos para el planteamiento de un desarrollo metropolitano equilibrado entre centralidad metropolitana y conectividad ecológica del paisaje, tomando como base los análisis comparados entre ocupación urbana y dicha conectividad (capítulo 9)

El segundo bloque, de los criterios morfológicos y espaciales, hace referencia a aquellos criterios a tener en cuenta en relación con la forma, las características espaciales de los crecimientos y la distribución de los usos del suelo. Por tanto, estarán en relación tanto con el proceso de identificación de patrones espaciales (capítulo 5), como con la valoración de los escenarios futuros (capítulos 8 y 9), y la interpretación del cambio en la ocupación urbana de los últimos años (Capítulos 3). Este bloque aporta criterios sencillos para el diseño de una propuesta de modelo de ocupación metropolitana, como alternativa a diseñar tras la valoración de los escenarios simulados.

El tercer bloque, acerca de los criterios conectivos y paisajísticos, deriva de los análisis acerca de los cambios en los usos del suelo mostrados en el capítulo 6 así como de la valoración de los escenarios a través de la determinación de la conectividad paisajística (capítulo 9). Este bloque permitirá disponer de herramientas de diseño de un escenario alternativo atendiendo a criterios paisajísticos, especialmente en lo que respecta al establecimiento de un sistema de espacios libres atendiendo a criterios eco-paisajísticos.

A partir de estos tres bloques se puede abordar la definición de los criterios presentes en cada bloque. Se han planteado en total 9 criterios, los cuáles quedan recogidos en la Figura 10-2:

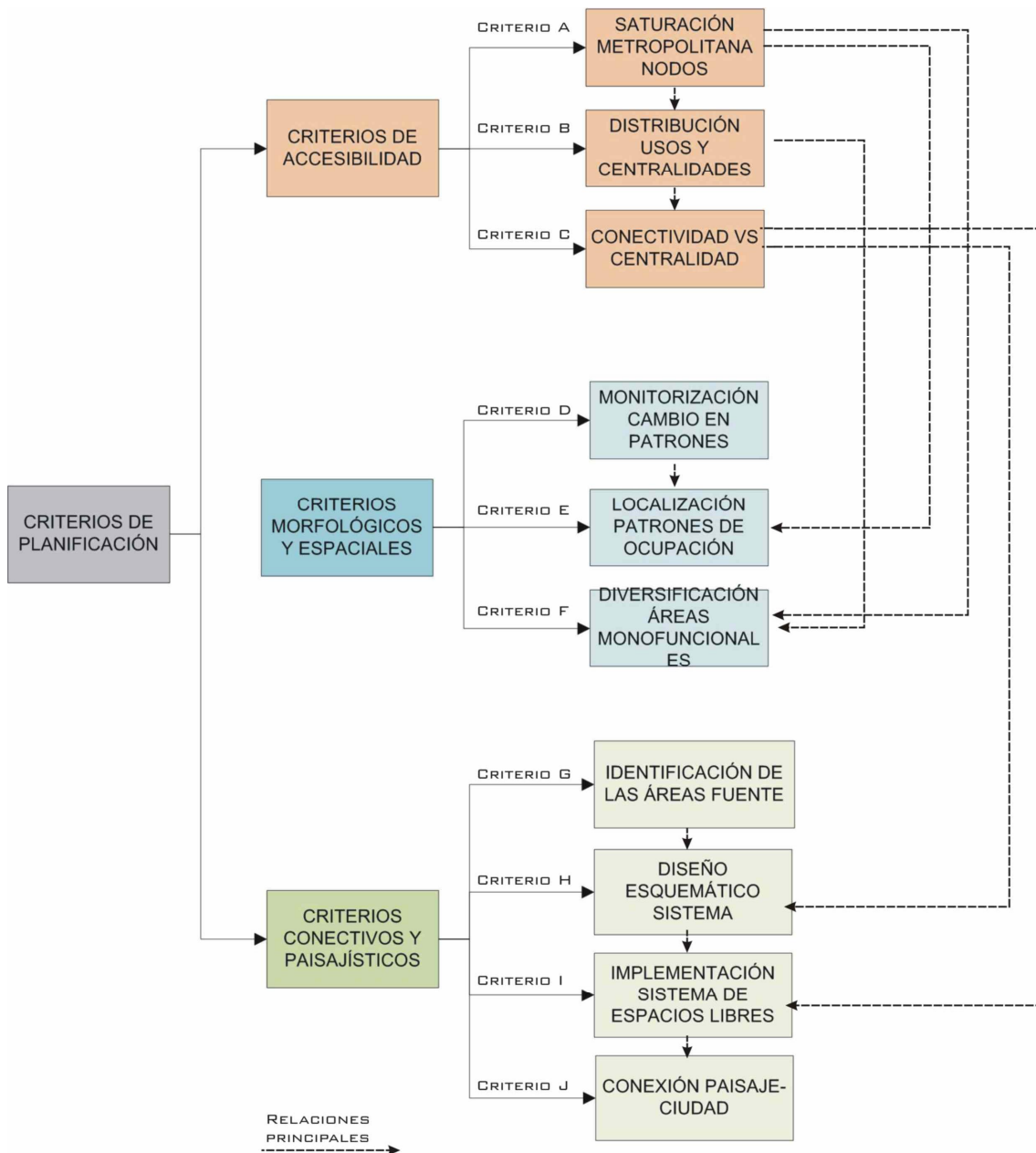


Figura 10-2: Tres bloques de criterios de planificación propuestos y relaciones principales

Una pequeña descripción de los mismos es la siguiente:

En primer lugar, y en referencia a los criterios derivados de los análisis de accesibilidad, el primero de ellos se encuentra en relación con la saturación metropolitana de los nodos. Su objetivo es establecer, a partir de la identificación de la saturación urbana de los nodos de transporte metropolitano, los nodos prioritarios a la hora de plantear nuevos desarrollos urbanos, así como señalar aquellos nodos de alta carga metropolitana y urbana que no pueden hacerlo.

En este sentido igualmente se formula el criterio de distribución de usos y centralidades, con el objetivo de alcanzar un desarrollo metropolitano más equilibrado, cohesionado y policéntrico (Indovina, 2005) que permita la ubicación de ciertos usos y centralidades en lugares de la corona metropolitana, como alternativa a su desarrollo en la ciudad principal.

El último de los criterios de este bloque hace referencia a la relación entre centralidad y conectividad, en relación con los análisis comparados de ocupación urbana y conectividad realizados en el capítulo 9.

Tiene como objetivo establecer a lo largo de los ejes metropolitanos de mayor importancia los nodos de concentración o de centralidad, a la vez que se establecen áreas pasillo que permiten articular la conectividad del paisaje.

El criterio de monitorización del cambio en los patrones, enmarcado en el segundo bloque de criterios morfológicos y espaciales, hace referencia al establecimiento de un sistema de indicadores que permitan realizar la detección de las formas en las que se producen los crecimientos de la ciudad, especialmente en lo que respecta a la fragmentación de cada uso, y su dispersión por el territorio.

Por su parte el criterio de localización de los patrones de ocupación, establece, con base en los propios patrones de crecimiento actuales (capítulo 5) aquellas indicaciones o recomendaciones necesarias a la hora de plantear crecimientos en el AUG de acuerdo con los diferentes patrones.

La diversificación de las áreas monofuncionales plantea como criterio de actuación y diseño de propuestas en el ámbito de la AUG, la integración y diversificación de aquellas áreas monofuncionales existentes, especialmente en lo que respecta a aquellos paquetes urbanos de usos industriales o comerciales de gran desarrollo o extensión; así como el desarrollo de nuevas áreas de centralidad. Se pretende así alcanzar una mayor diversidad y mezcla de usos enriquecedora de la ciudad metropolitana (Rueda, 1997; Dematteis, 1998)

En lo que respecta a los criterios eco-paisajísticos, que en conjunto plantean la necesidad de articulación de un sistema funcional de espacios libres metropolitanos a través de las zonas agrícolas de valor ecológico, el criterio de identificación de áreas fuente hace referencia a la selección de aquellas áreas agrícolas que presentan una mayor capacidad para el mantenimiento de las funciones ecológicas del paisaje. Estas áreas se convertirán en los principales nodos de un sistema de espacios libres que articule además el entorno metropolitano. Su selección se realiza, como más adelante es expuesto atendiendo fundamentalmente a criterios de superficie (Jongman, 1995; Benedict y McMahan, 2006).

A partir del conjunto de nodos identificados el siguiente criterio establece la generación de un diseño esquemático del sistema de espacios libres propuesto, que garantice la conexión de los diferentes nodos y que permita mantener las relaciones entre los mismos, así como articular todo el territorio del ámbito de estudio

El tercer criterio de este bloque plantea la articulación del sistema de espacios libres a través de la identificación de los principales elementos conectores y de difusión que existen en el territorio que pueden actuar como auténticos elementos conectores (Senes y Toccolini, 2004; Hellmund y Smith, 2006) y que permitan la implementación del mismo atendiendo a criterios de la ecología del paisaje (Ahern, 1995, Bryant, 2006)

Finalmente, el último de los criterios en relación con la conectividad y el paisaje lo conforma el de la conexión entre las áreas urbanas y los elementos que configuran el sistema paisaje. Es necesario articular un conjunto de conexiones entre ambos elementos para permitir la utilización y el acceso metropolitano a estos espacios de interés y valor recreativo y turístico (van der Knaap, 1997).

Una vez enumerados y clasificados los diferentes criterios u orientaciones seleccionados para la planificación en el AUG, a continuación se presenta la definición concreta de los tres bloques, la cual se plasma en un conjunto de propuestas o actuaciones generalmente espaciales para el área de estudio, que finalmente serán aplicados en el epígrafe 10.3 para la generación de un escenario futuro.

10.2.2 CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD

El bloque de criterios de accesibilidad guarda estrecha relación, por ser consecuencia lógica del mismo, con el proceso de análisis de la accesibilidad elaborado en el capítulo 4, así como con el análisis comparado de la ocupación urbana-accesibilidad vs conectividad, realizados en el capítulo 9. En este sentido, los criterios derivados plantean (1) la determinación de los nodos metropolitanos saturados por los procesos de urbanización y por la ubicación de centralidades, con el objetivo de no ser sobrecargados con nuevos crecimientos o un mayor número de centralidades; (2) la detección de aquellos nodos adecuados para la ubicación de nuevos equipamientos, o dotaciones metropolitanas que vengán a paliar las necesidades de algunas áreas de las zonas metropolitanas las cuales son altamente dependientes de las áreas centrales, y a su vez son adecuados para la diversificación de las actividades, principalmente residenciales que se establecen en ellos; y (3) finalmente el diseño de áreas de centralidad en torno a los nodos seleccionados complementado con el diseño de corredores ambientales.

10.2.2.1 CRITERIO A: ZONIFICACIÓN DE LOS NODOS EN FUNCIÓN DE LA SATURACIÓN METROPOLITANA

Este criterio plantea, sobre la base de la identificación del grado de saturación urbana y metropolitana de los nodos realizada, la formulación de diferentes propuestas de tratamiento de aquellos nodos que se encontraban saturados, o en proceso de saturación, con el objetivo de evitar el incremento de dichos procesos, que representan un perjuicio para las condiciones de funcionamiento de la movilidad intrametropolitana.

De acuerdo con el análisis de saturación metropolitana realizado (capítulo 4), las categorías saturación de los diferentes nodos eran las siguientes:

- *Nodos metropolitanos fuertemente saturados*
- *Nodos saturados*
- *Nodos en proceso de saturación*
- *Nodos con escasa o nula saturación*

A la vista de estas categorías identificadas, este criterio establece diferentes tratamientos de los nodos, que son:

- A) Nodos y áreas tributarias que no admiten ningún tipo de incremento de su carga, y cuya carga sería recomendable disminuir, ya sea a través de la localización de centralidades del mismo tipo en otros lugares del área metropolitana o por la mejora del acceso a través de sistema de transporte público
- B) Nodos y áreas tributarias que no admiten un mayor incremento de la carga urbana pero que podrían albergar alguna centralidad metropolitana
- C) Nodos y áreas tributarias que deben acoger nuevas centralidades
- D) Nodos y áreas tributarias que pueden incrementar su carga urbana y metropolitana

El resultado de la aplicación de estos subcriterios al AUG se puede observar en la Figura 10-3.

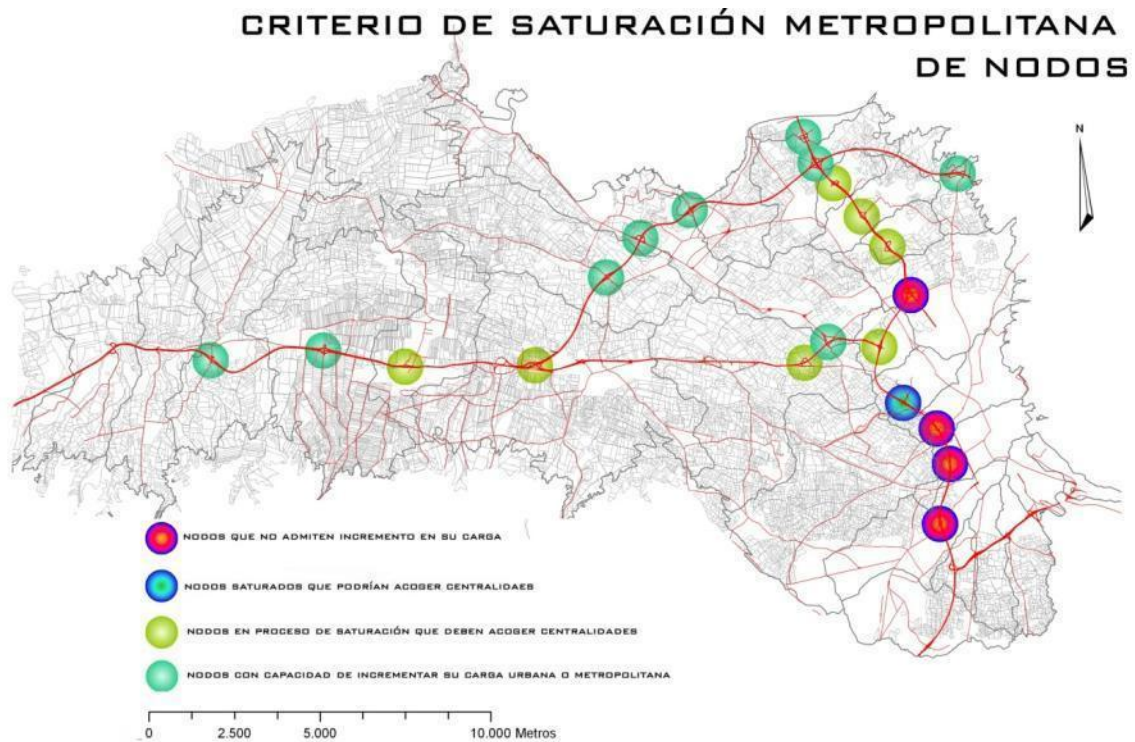


Figura 10-3: Criterio de saturación metropolitana de nodos

Como se puede observar en la Figura, aquellos nodos más cercanos a la ciudad de Granada son los que presentan una mayor saturación, y por tanto no podrán admitir una mayor carga metropolitana. Por su parte, para el resto de los nodos, se establecen distintos tipos de categorías que permiten la localización de diferentes tipos de ocupación metropolitana. Estas nuevas ocupaciones se exploran en el siguiente criterio.

10.2.2.2 CRITERIO B: LOCALIZACIÓN DE NUEVOS NODOS DE CENTRALIDADES

A partir de las diferentes situaciones de los nodos establecidas en el criterio A, se fundamenta el criterio de localización de aquellos nodos que pueden albergar nuevas centralidades y actividades, que por un lado vengán a paliar la dependencia metropolitana de los nodos con mayor saturación metropolitana, y que por otra parte vengán a dotar a aquellas áreas residenciales que requieren de nuevos equipamientos y centralidades.

De esta forma, este criterio identifica aquellos nodos en los que se pueden producir distintos crecimientos, ya sea con nuevas cargas urbanas asociadas a ocupaciones residenciales o a través de la ubicación de nuevas centralidades metropolitanas. Igualmente se señalan aquellos nodos que debería disminuir su carga metropolitana como consecuencia de la generación de las nuevas centralidades (Figura 10-4):

- A) Nodos de concentración de centralidades: Aquellos nodos que pueden albergar nuevas centralidades metropolitanas que consoliden y doten a las zonas residenciales cercanas.
- B) Nodos de concentración urbana: Aquellos nodos con una carga metropolitana muy baja y que pueden ver incrementada la misma por nuevos desarrollos urbanos y las centralidades y actividades necesarias para su desarrollo. Especialmente aquellos nodos que sirven a núcleos urbanos ya consolidados en la AUG.

C) Nodos de descentralización. Aquellos nodos que deberían ver disminuida su carga metropolitana

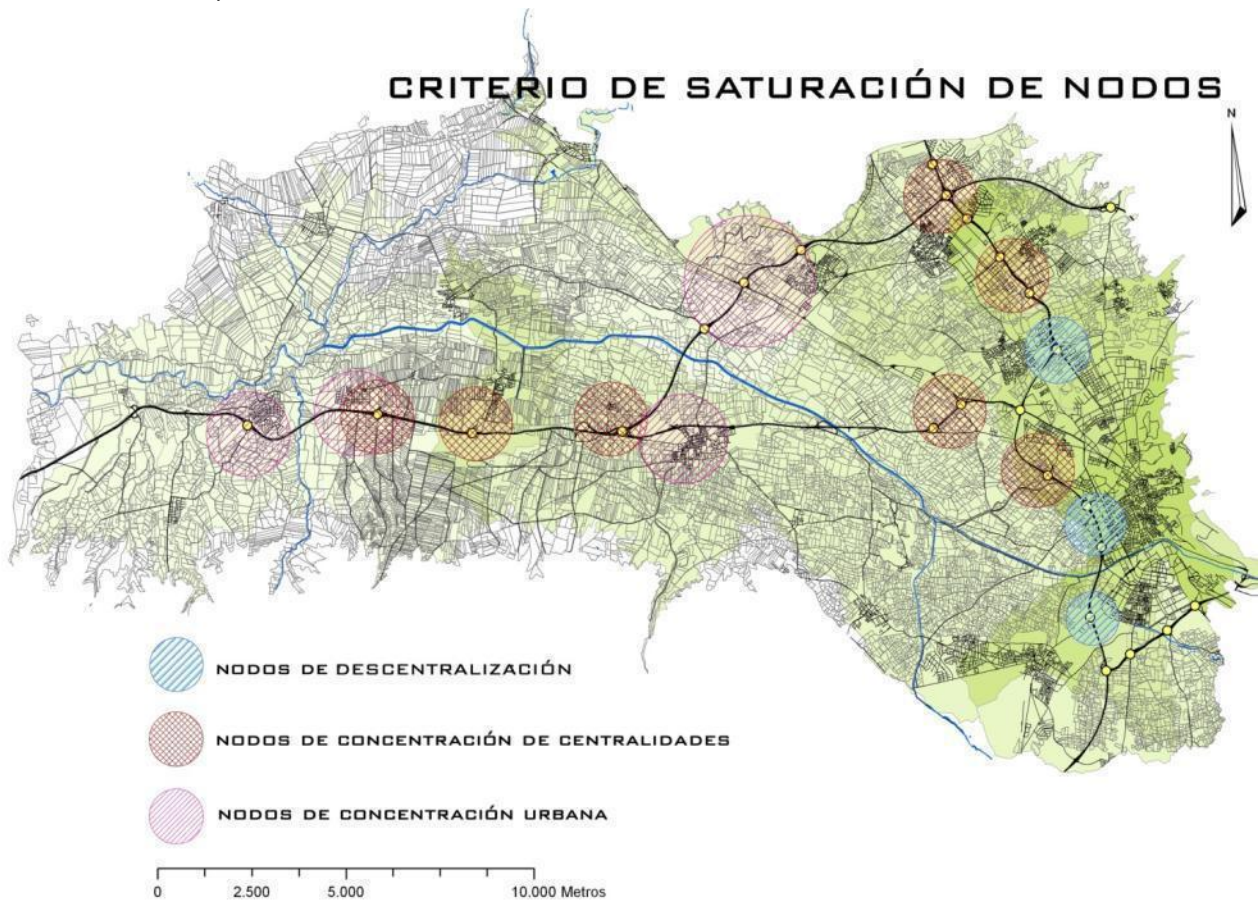


Figura 10-4: Subcriterio de localización de nuevas centralidades y actividades

10.2.3 CRITERIOS MORFOLÓGICOS Y ESPACIALES

El segundo bloque de criterios hace referencia a las formas y características espaciales de los crecimientos urbanos, estableciendo unas directrices con las que plantear la ocupación urbana. Para ello, se han tenido en cuenta los análisis de las características espaciales de los escenarios generados por el modelo (capítulo 8), la descripción e identificación de los patrones de ocupación urbana (capítulo 5), así como los anteriormente descritos criterios de accesibilidad.

Finalmente los criterios propuestos tienen que ver (1) con el desarrollo de mecanismos de monitorización de la evolución de la ocupación; (2) con la selección de los patrones de ocupación urbana; y finalmente (3) con la diversificación de áreas urbanas monofuncionales.

10.2.3.1 CRITERIO D: MONITORIZACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN Y FORMAS DE OCUPACIÓN.

Este criterio tiene como objetivo monitorizar los cambios espaciales que tienen lugar en las formas o patrones de ocupación, con especial atención al incremento de la fragmentación y dispersión urbana. En este sentido, el presente criterio plantea la necesidad de establecer un conjunto de indicadores para

realizar el seguimiento de los patrones de ocupación de cada uno de los usos urbanos, así como valorar en qué medida dichos patrones presentan una mayor fragmentación y dispersión del crecimiento de la ciudad. A este respecto se muestran los valores de la evolución del número de fragmentos urbanos (PN) y de su tamaño medio (MPS) para el área de estudio desde el año 1977, tanto en la Tabla 10-1 como en la Figura 10-5 y la Figura 10-6.

	Tipo de Uso	PN	MPS
1977	Industrial	107	3,05
	Residencial	167	11,85
1984	Industrial	126	4,93
	Residencial	169	16,63
1990	Industrial	147	4,74
	Residencial	183	16,96
1999	Industrial	207	4,41
	Residencial	225	16,51
2004	Industrial	218	4,44
	Residencial	231	16,99

Tabla 10-1: Evolución del PN y del MPS para los usos industriales y residenciales en la AUG en el periodo de estudio.

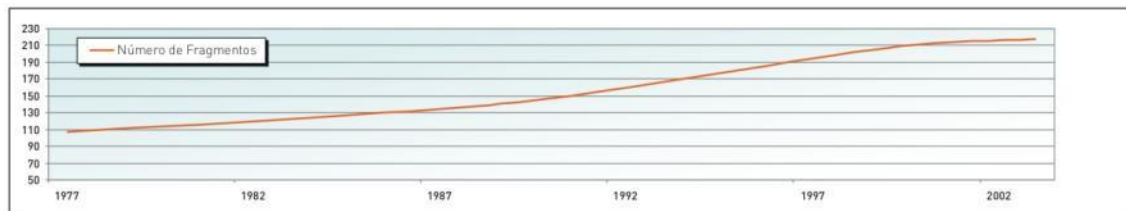


Figura 10-5: Evolución del número de fragmentos urbanos (PN) a lo largo del período de análisis

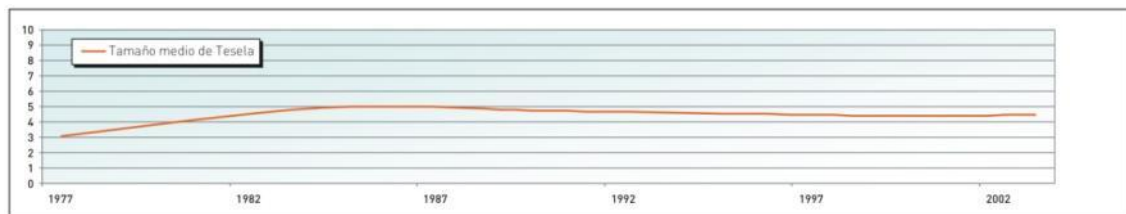


Figura 10-6: Evolución del tamaño medio de los fragmentos (MPS) a lo largo del período de estudio

El establecimiento del sistema de indicadores de forma, patrones y fragmentación urbana se derivaría de las métricas de análisis espacial planteadas para la valoración de los escenarios en el capítulo 8. Estos indicadores podrían integrarse como parte de un observatorio del cambio metropolitano, similar a otras iniciativas a distintas escalas: Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) o METREX en ámbitos metropolitanos

Un ejemplo del conjunto de indicadores propuesto serían los siguientes:

TIPO DE INDICADOR	MÉTRICAS	SIGNIFICADO
INDICADORES DE FRAGMENTACIÓN	PN + MPS	Incrementos del PN asociados a descensos del MPS muestran una mayor fragmentación
INDICADORES DE FORMA	SHAPE + RGYR	Valores más elevados de estos indicadores muestran patrones y formas más lineales y alargadas.
INDICADORES DE DISPERSIÓN	ENN + MPI	Una disminución del ENN y un incremento del MPI en uso evidencia una mayor dispersión de los usos en el territorio

Tabla 10-2: Sistema de indicadores de monitorización de los crecimientos urbanos en la AUG.

10.2.3.2 CRITERIO E: LOCALIZACIÓN DE LOS PATRONES DE OCUPACIÓN.

Además de mantener un proceso de monitorización de los patrones de ocupación, es necesario precisar unos criterios específicos para la ubicación de los diferentes patrones de ocupación urbana que se han desarrollado en la AUG. Estos criterios establecerán aquellas áreas en las que es necesario evitar el desarrollo de ciertos patrones, por las consecuencias metropolitanas que su desarrollo puede llevar aparejado.

10.2.3.2.1 PATRÓN DE CRECIMIENTO AGREGADO

Este patrón podría ser a priori uno de los patrones de crecimiento más deseables, al evitar la dispersión de las zonas urbanas en el territorio y así no incurrir en los múltiples efectos negativos reconocidos para formas de crecimiento más dispersas (Torrens y Alberti, 2000; Besussi y Chin, 2003; Kasanko *et al*, 2006).

Sin embargo, crecimientos agregados en ciertas áreas de la AUG, pueden derivar en procesos de conurbación, que introducen un conjunto de características negativas entre las que destacan la pérdida de identidad territorial (Menor, 2000), los desarrollos sin una infraestructura viaria y de equipamientos necesaria, y la ocupación de los lugares con potencialidad como espacios libres (tercer bloque de criterios, epígrafe 10.2.4).



Figura 10-7: Conurbación Sur en el AUG (2008). Al menos 5 núcleos urbanos distintos aparecen en la figura, que actualmente muestra un continuo urbano en el que apenas existe una infraestructura viaria que articule el sistema de asentamientos

Así pues, a la vista de los resultados de las simulaciones generadas en el capítulo 7, se han inferido posibles lugares o áreas de conurbación. En estas áreas (Figura 10-8), debe ser una actuación prioritaria plantear la contención de aquellos crecimientos agregados que tiendan a ocasionar la unión física de los diferentes núcleos, y por tanto a generar los citados procesos de conurbación y sus consecuencias negativas.

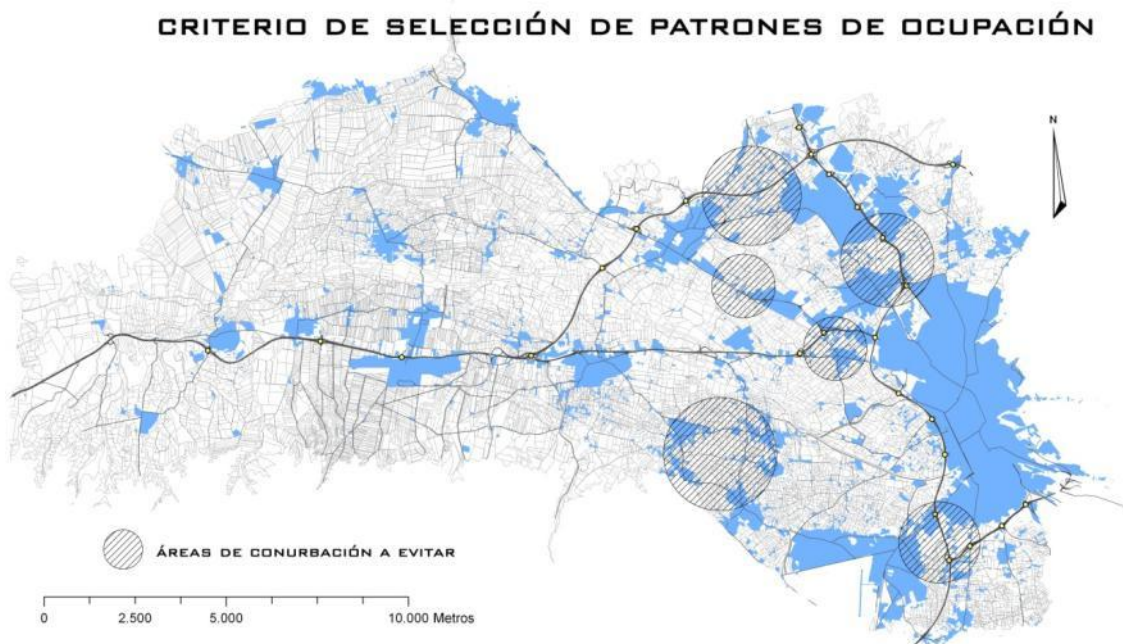


Figura 10-8: Subcriterio de evitar áreas de conurbación por crecimientos agregados

10.2.3.2.2 PATRÓN DE CRECIMIENTO EN URBANIZACIONES

Generalmente el patrón de crecimiento en urbanizaciones, por su propia definición, implica crecimientos que suelen ser de tipo residencial de baja densidad y que se producen ajenos a los núcleos históricos y consolidados existentes, apoyados por la red de infraestructuras de alta capacidad (capítulo 5). En este sentido, es aconsejable evitar aquellos desarrollos que planteen nuevos crecimientos de acuerdo con este patrón, a la vez que se trata de consolidar los ya existentes a través de la localización de equipamientos metropolitanos en los mismos, y políticas de densificación que permitan localizarse en estas áreas a actividades comerciales y a servicios metropolitanos (criterio de diversificación de áreas urbanas, epígrafe 10.2.3.3)

10.2.3.2.3 PATRÓN DE CRECIMIENTO NODAL

Como se señalaba en la descripción de los patrones de crecimiento nodal (capítulo 5), estas formas de ocupación se desarrollan en el entorno de los nodos de infraestructuras metropolitanas de alta capacidad, aglutinando áreas comerciales y de servicios con vocación metropolitana, que garantizan su accesibilidad gracias a dichas redes de infraestructuras.

De acuerdo con estas características y con la aplicación de los criterios de accesibilidad descritos anteriormente, la ocupación de ciertos nodos mediante crecimientos de este tipo puede ocasionar una sobrecarga metropolitana en algunos de los nodos identificados como saturados, por ello la ocupación de los nodos por parte de nuevas áreas comerciales o de servicios de acuerdo con este patrón, únicamente debe tener lugar en aquellos nodos definidos anteriormente como potenciales receptores de nuevas centralidades que presenten este patrón de ocupación (ver criterio A)

10.2.3.2.4 PATRÓN DE CRECIMIENTO LINEAL

Los crecimientos lineales asociados a las principales infraestructuras viarias están generalmente asociados en la AUG a zonas de usos industriales (vía N432) o de parcelaciones y procesos de construcción de segunda residencia ilegales (ver capítulo 3), que suelen aparecer asociados a la red de caminos existentes. La principal problemática asociada a los crecimientos que atienden a patrones lineales, se encuentra asociada tanto a fenómenos de conurbación, similares a los descritos para el crecimiento agregado; como por otra parte, la importante fragmentación del paisaje que presentan como consecuencia de la impermeabilización de las barreras viarias, a través de la ocupación de sus márgenes.

Por ello el principal criterio a aplicar en la localización de los crecimientos de acuerdo con este patrón, consiste en evitar la ocupación de los márgenes de las principales infraestructuras viarias que provocarían una importante pérdida de conectividad ecológica, como ha quedado patente en la valoración de los escenarios futuros. Muchas de estas áreas constituirán además importantes lugares de articulación del paisaje (Ver criterio C) y de la propuesta de sistema de espacios libres periurbanos (Ver Criterio I).

Como se puede observar, las principales áreas en las que es recomendable evitar crecimientos lineales se corresponden con las vías de transporte metropolitano, en las cuales un crecimiento lineal implicaría el incremento de la insularización de los espacios agrícolas periurbanos.

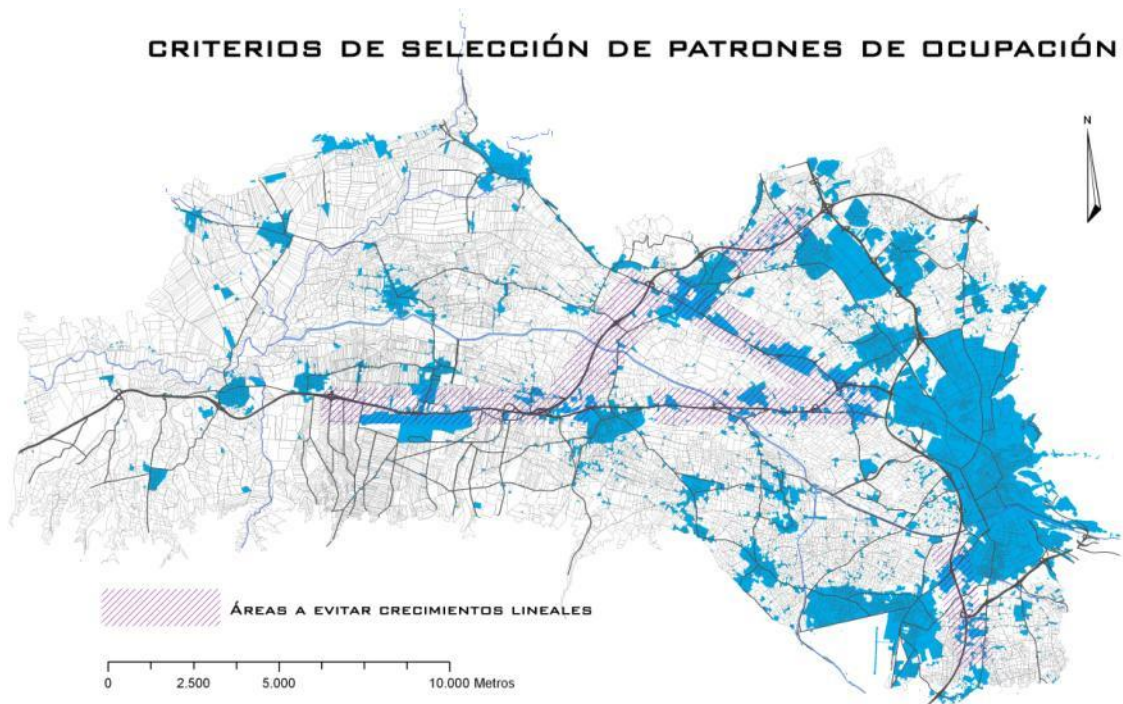


Figura 10-9: Áreas en las que evitar crecimientos lineales en torno a las principales vías de comunicación.

10.2.3.3 CRITERIO F: DIVERSIFICACIÓN DE ÁREAS MONOFUNCIONALES

El último criterio de este bloque hace referencia a la diversificación de aquellas áreas industriales monofuncionales existentes, así como de las zonas residenciales propias del patrón en urbanizaciones. En lo que respecta a la zonas industriales, como se ha presentado a lo largo del capítulo 3, y como igualmente se ha observado en la simulación de los escenarios futuros posibles (capítulo 7), el AUG presenta importantes áreas de uso industrial, las cuales en buena parte son heredadas de las estrategias de los años 70 que pretendían ubicar industria pesada en su ámbito. Estas zonas constituyen grandes polígonos industriales monofuncionales, que por otra parte entran en contraposición con la multitud de instalaciones de carácter industrial o agro-industrial que se sitúan dispersas por el ámbito metropolitano.



Figura 10-10: Área industrial ubicada entre los núcleos urbanos de Albolote, Maracena y Peligros (izquierda). Zona industrial dispersa al sur del núcleo urbano de Santa Fé.

Estos polígonos industriales monofuncionales, planteados para unas actividades muy diferentes a las hoy demandadas y en lugares antes alejados y de escaso interés, se convierten hoy en día en zonas ubicadas en lugares estratégicos de la AUG y susceptibles de transformaciones en su uso que las conviertan en posibles nuevas centralidades metropolitanas. Por su parte, aquellas urbanizaciones en principio ilegales, detectadas en el capítulo 3 y con una situación estratégica, también pueden ser susceptibles de transformar al menos parte de su superficie en los comentados lugares de centralidad.

Así pues, estos lugares estratégicos pueden permitir la ubicación de nuevos equipamientos metropolitanos, puesto que generalmente se encuentran ubicados en nodos capaces de recibir mayor carga (epígrafe 10.2.2.2), y que además pueden servir a múltiples áreas residenciales con patrón en urbanizaciones, con la consecuente generación de una menor dependencia de la ciudad de Granada.

Todo ello da sentido a este criterio, cuyo objetivo es el de facilitar una mayor mezcla de usos en la AUG, que permita un desarrollo metropolitano más equilibrado y cohesionado. En este sentido, se ha propuesto dos tipos de actuaciones (Figura 10-11):

- A) Localización de nuevas áreas dotacionales de equipamientos, actividades y servicios metropolitanos en áreas eminentemente residenciales, las cuales muestran una carencia de los mismos en aquellos nodos que así lo permiten (epígrafe 10.2.2.2), o en las cercanías del sistema de espacios libres metropolitanos, (epígrafe 10.2.4) que actúan como elementos articuladores igualmente
- B) Transformación de usos monofuncionales: Se plantea la reconversión de algunas áreas industriales y de aquellas urbanizaciones de segunda residencia en nuevas áreas de servicios metropolitanos orientadas a un desarrollo más competitivo y moderno del tejido empresarial.

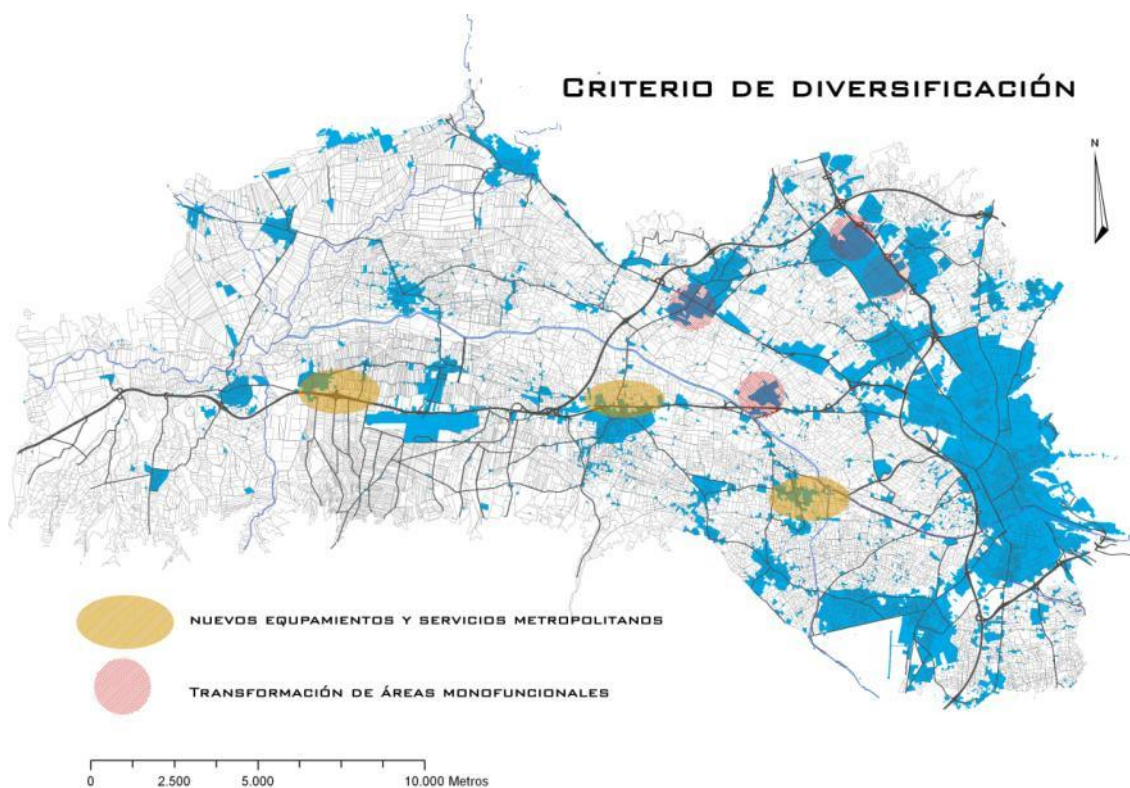


Figura 10-11: Diversificación de áreas monofuncionales

10.2.4 CRITERIOS CONECTIVOS Y PAISAJÍSTICOS.

La formulación de los criterios conectivos y paisajísticos tiene como objetivo la definición e implantación de un sistema de espacios libres metropolitanos en el que la función ecológica del paisaje sea un elemento fundamental en su planteamiento, esto es, que se articule desde una perspectiva multifuncional (Fry, 2002) y que permita preservar (desde un enfoque proactivo, de *smart protection*¹, Walmsley, 2006) aquellos lugares de mayor interés como espacios abiertos (Bengston, Fletcher, y Nelson, 2004). La definición de este sistema implica la necesidad de aplicar el conjunto de criterios de una forma ordenada de tal forma que constituyan una metodología intuitiva (Figura 10-12), de tal forma que a partir de (1) la identificación de los lugares o áreas fuentes del valor ecológico, se plantea seguidamente el (2) diseño esquemático del sistema, posteriormente (3) su implementación y articulación a través de las estructuras territoriales existentes, para finalmente establecer (4) la conexión e integración entre dicho sistema y las áreas urbanas.

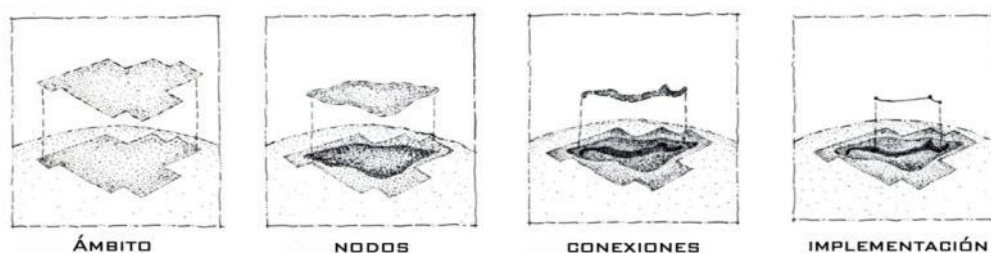


Figura 10-12: Etapas en el proceso de diseño de una red de espacios libres o greenways. (Fuente: Adaptado de Hellmund y Smith, 2006)

10.2.4.1 CRITERIO G: IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS FUENTE COMO NODOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES.

Las áreas fuente, ya identificadas en el capítulo 9 a partir de las teselas conformadas por el parcelario agrícola, constituyeron un elemento fundamental para la determinación de la conectividad paisajística. El valor de las mismas viene dado por su capacidad para mantener las funciones del paisaje propias de los usos o ecosistemas presentes en ellos (Ahern, 1991; Forman, 1995; Cook, 2001), y por tanto podrían actuar como los nodos de una red en un sistema de espacios libres en el que a través de ella sus valores se difundieran a toda la AUG. Se trata por tanto de elementos de valor que deben ser tenidos en cuenta a la hora de plantear nuevos desarrollos urbanos en su ámbito, especialmente aquellos que supongan un aislamiento de dichas áreas.

Estas áreas pueden ser clasificadas de acuerdo con su superficie, de tal forma que se obtenga una medida de su integridad como espacios ecológicos para mantener la diversidad de funciones que el paisaje agrario presenta, o puede presentar (van der Valk, 2002). Aquellas áreas fuente de mayor superficie y por tanto menos fragmentadas, tendrán una mayor capacidad para funcionar como los nodos de un hipotético sistema eco-paisajístico de espacios libres.

Las áreas fuente han sido divididas en tres categorías en función de su superficie, de tal forma que se han determinado áreas fuente de primer, segundo y tercer nivel. Las áreas de primer nivel, con una superficie mayor a las 200 ha constituyen los principales reservorios o fuentes de valor paisajístico de la AUG, por su menor fragmentación. Las de segundo nivel, con superficies entre las 150 y las 200 ha constituyen áreas intermedias, con un tamaño considerable pero que se encuentran más fragmentadas

¹ Como nuevo término empleado por el autor, que deriva del ampliamente utilizado *smart growth*, y que hace referencia a la necesidad de seleccionar cuidadosamente aquellas zonas que son más necesarias para su protección.

que aquellas de primer nivel. Son sin embargo elementos importantes en la estructura del sistema de espacios libres que se plantea en la AUG. Finalmente las áreas de tercer nivel representan aquellas zonas fragmentadas con un tamaño comprendido entre las 100 y 150 ha, pero que igualmente se incluyen en el diseño del sistema de espacios libres.

La Figura 10-13 muestra las diferentes áreas fuente o nodos para el planteamiento de un sistema de espacios libres en la AUG. El tamaño de los mismos indica el nivel de cada uno de los nodos de dicho sistema.

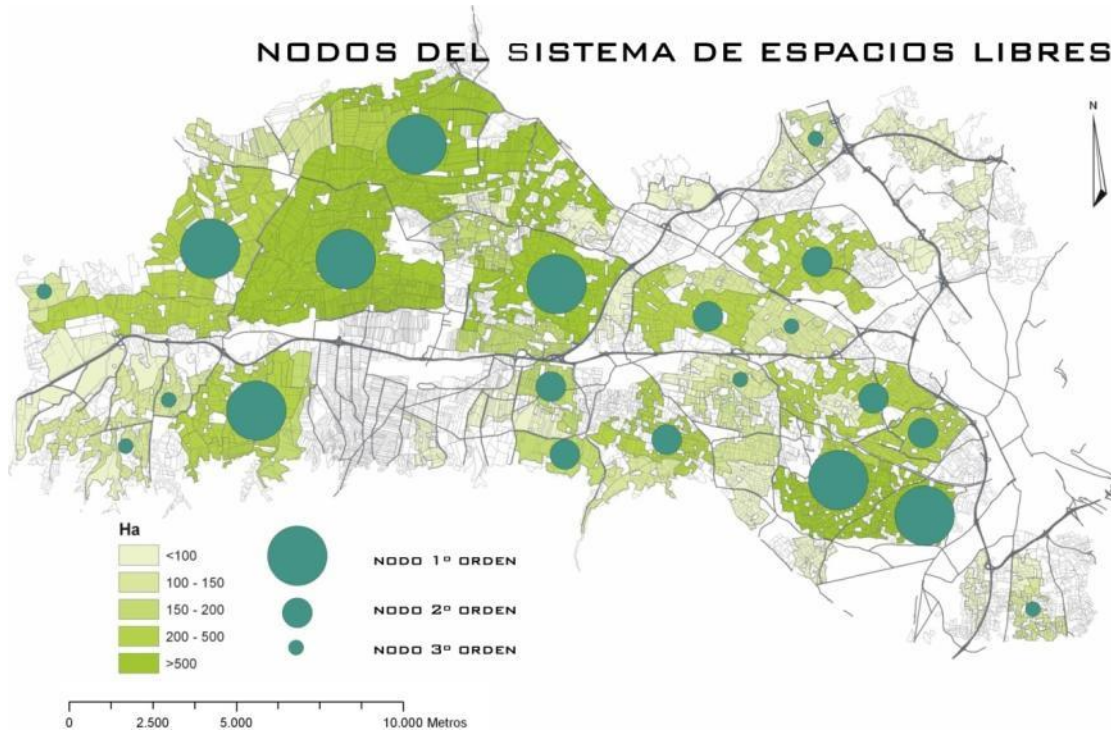


Figura 10-13: Nodos para el establecimiento de un sistema de espacios libres metropolitano.

De esta forma quedan definidos los nodos para la actuación en el diseño y articulación de un sistema de espacios libres metropolitano.

10.2.4.2 CRITERIO H: DISEÑO ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES

A partir de identificación y jerarquización de los diferentes nodos o áreas de interés a la hora del diseño del sistema o red planteado, se puede plantear el diseño esquemático de una red que articule los mismos, tal y como se establece en la Figura 10-14, en la que se representan diferentes tipos de redes para articular un mismo conjunto de nodos. De esta forma se plantea la conexión jerarquizada de los diferentes nodos definidos por las áreas fuente a través de un diseño esquemático, como un criterio para la articulación un sistema metropolitano de espacios libres que tenga en cuenta los aspectos ecológicos y conectivos del paisaje.

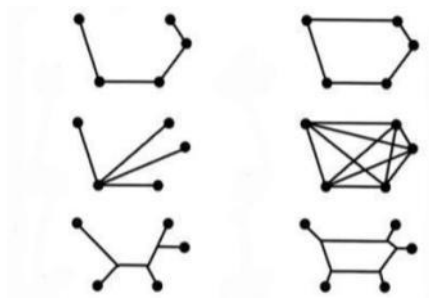


Figura 10-14: Grafos representando algunos esquemas de redes a la hora de implementar un sistema de espacios libres. Adaptado de Benedict and McMahon (2006)²

El resultado del diseño esquemático y conceptual de la red se puede visualizar en la Figura 10-15.

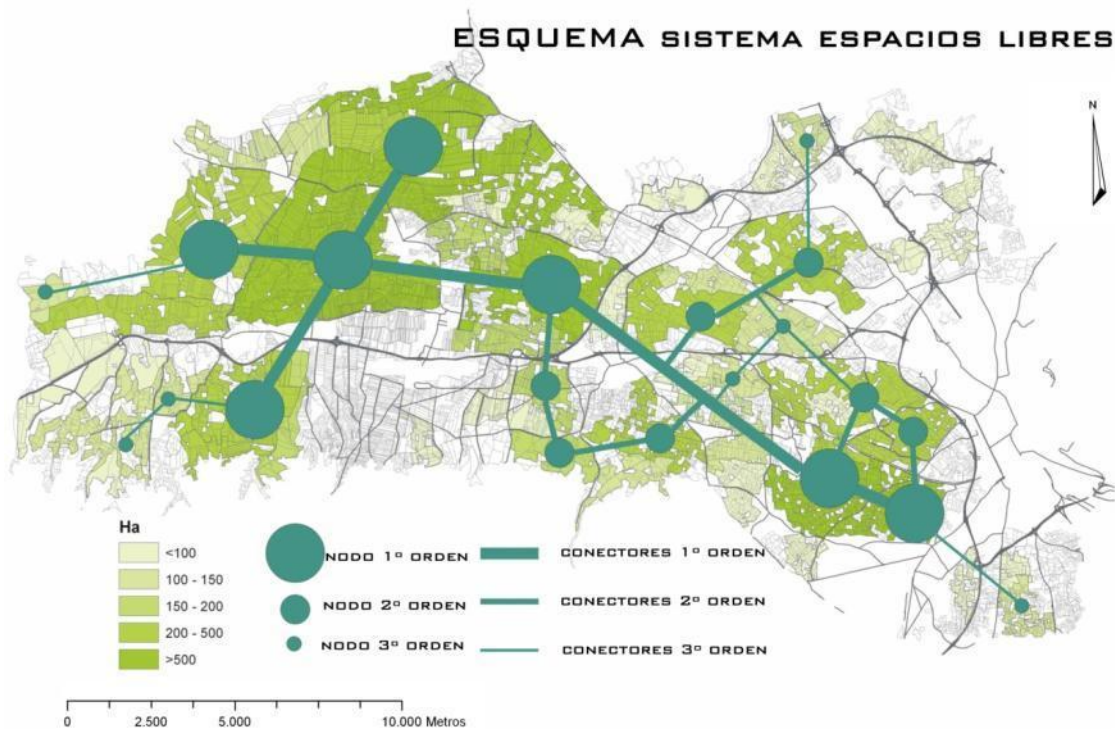


Figura 10-15: Representación esquemática del sistema de espacios libres.

Se puede observar cómo se han establecido diferentes tipos de conexiones jerarquizadas en función del nivel de los nodos identificados, de tal forma que se establecen igualmente tres niveles de conexión. Esta representación esquemática constituirá el punto de partida para su posterior implementación en el territorio a partir de las estructuras presentes en el que pueden actuar como conectores de los nodos establecidos para el sistema. Aquellas conexiones de mayor rango son de mayor importancia para el mantenimiento del sistema ecológico del área metropolitana, mientras que aquellas otras serán de un rango menor. En cualquier caso se puede observar el carácter longitudinal del diseño esquemático propuesto, en consonancia con un corredor fluvial, como es el del río Genil en la AUG.

² En van der Knaap (1997) se puede encontrar un análisis exhaustivo de los distintos tipos de redes ecológicas y sus principales características espaciales a la hora de conformar sistemas de espacios libres y recreativos.

10.2.4.3 CRITERIO I: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES

El diseño esquemático de los nodos y conexiones del sistema de espacios libres debe ser implementado a partir de los elementos de la estructura territorial y paisajística de la AUG. En este sentido tendrán especial protagonismo en la implementación del sistema aquellas estructuras lineales que pueden mantener una función corredor entre aquellas áreas fuente o nodos. Estas estructuras están constituidas por la red hidrográfica principal del ámbito de la AUG, la red de caminos y vías pecuarias existentes y la red de acequias principales (Figura 10-16).

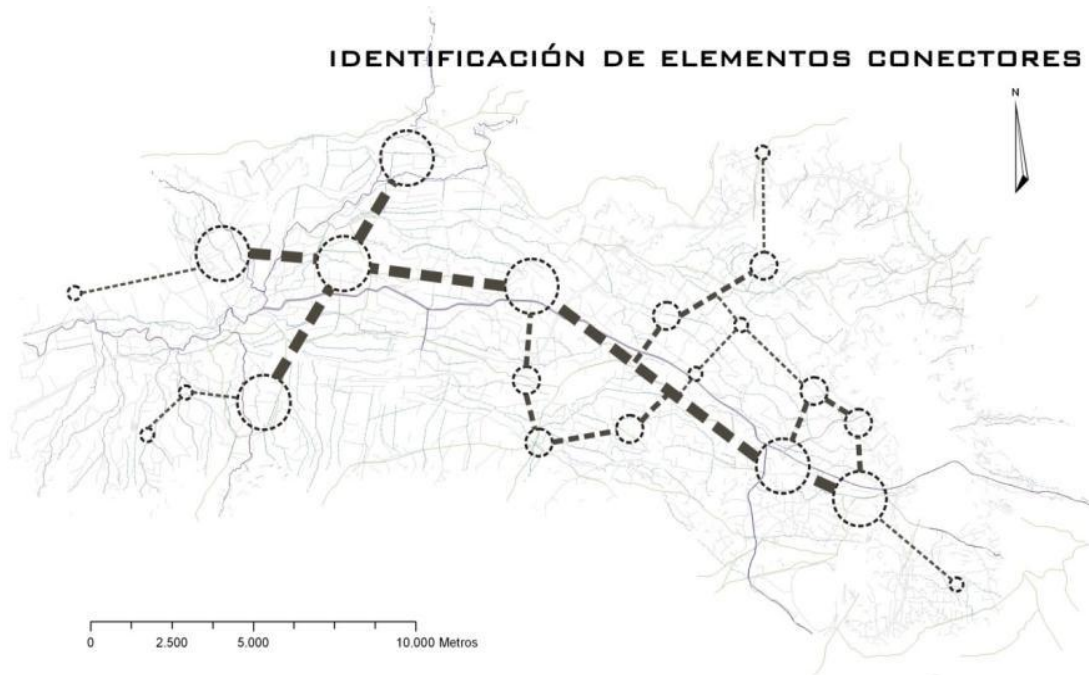


Figura 10-16: Elementos potencialmente conectores en el territorio de la AUG

A través de la superposición de la malla de elementos difusores del valor eco-paisajístico (Valenzuela y Matarán, 2007) formada por los elementos conectores citados, y los nodos identificados anteriormente se puede plantear el diseño de los conectores del sistema de espacios libres de tal forma que articulen los diferentes nodos. Para ello se han seleccionado aquellos elementos que permitían garantizar la estructura diseñada previamente de forma esquemática. En la Figura 10-17 se muestran los conectores seleccionados para la formación de dicho sistema.

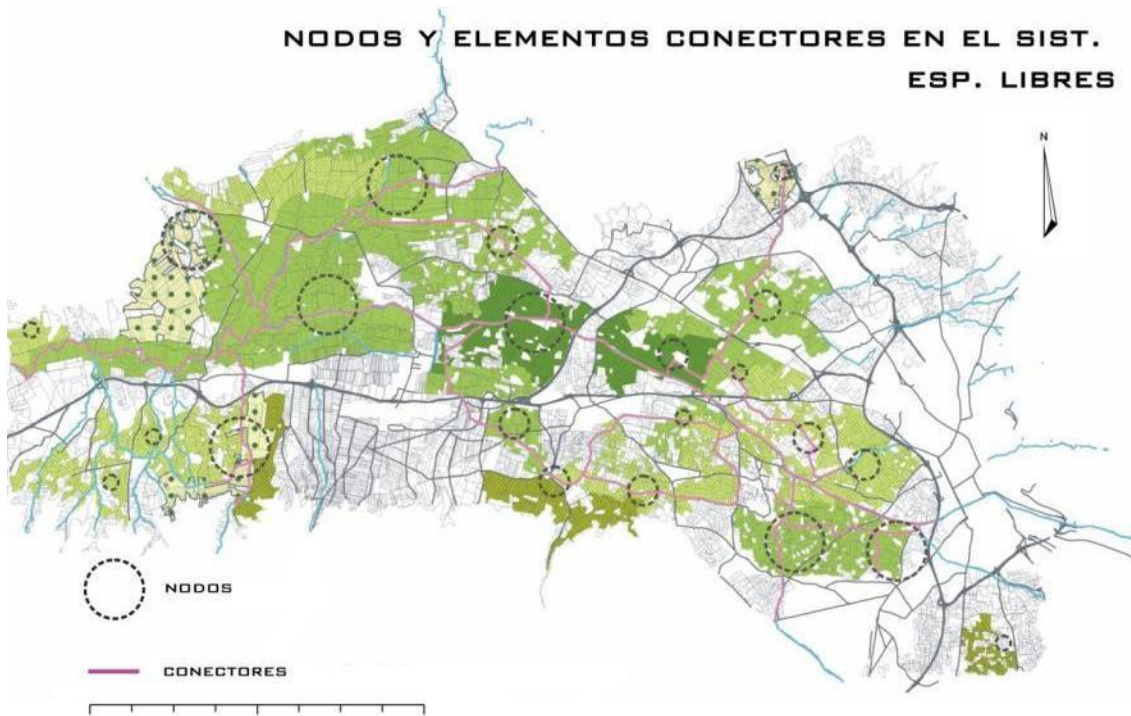


Figura 10-17: Selección de la red de elementos conectores para la articulación del sistema de espacios libres

Tras la identificación de estos elementos se puede plantear a escala subregional el sistema de espacios libres para el ámbito de trabajo, que queda recogido en la Figura 10-18.



Figura 10-18: Sistema de espacios libres a escala territorial para el AUG.

De esta forma se implementa a una escala territorial el sistema de espacios libres del AUG, que sin embargo requerirá de una intervención y diseño a una escala más fina y de mayor detalle que permitirá plantear las actuaciones necesarias para garantizar el valor conectivo de los elementos seleccionados así como fomentar el uso de dicho sistema de espacios libres por parte de los

ciudadanos del AUG (Ahern, 1995, Benedict and McMahon, 2006; Bryant, 2006). Para mostrar un ejemplo de esta etapa de mayor detalle en la implementación se han seleccionado algunos de los elementos conectores, para sobre ellos desarrollar una propuesta de actuación. Los dos lugares seleccionados se encuentran en el entorno del río Genil, como elemento principal de conexión y articulación de todos los espacios libres del AUG. El primero de ellos se encuentra en el sector del río más cercano a la ciudad de Granada, inmediatamente al Oeste de la misma, y el otro de se encuentra en las proximidades de los núcleos urbanos de Santa Fé y Atarfe. Cabe señalar en este sentido, que experiencias recientes muestran la importancia de establecer sistemas de espacios libres ligados a importantes elementos paisajísticos y territoriales como los ríos, que además permitan acceder a las áreas periurbanas cercanas a la ciudad. La experiencia del parque del Manzanares (mrio arquitectos, 2008) es buen ejemplo de estas experiencias (Figura 10-19)



Figura 10-19: Imagen del parque del río manzanares (Fuente: mrio arquitectos, 2008)

La propuesta correspondiente con el sector Genil cercano a Granada, que se encuentra entre el borde urbano de la ciudad de Granada y la confluencia con el río Dilar, tramo en el que igualmente se produce la confluencia con el río Monachil y Beiro, es una de las áreas de mayor interés debido a su valor conector de los elementos del paisaje asociados al agua. La situación existente en la actualidad para este sector queda recogida en la Figura 10-20



Figura 10-20: Situación previa a la implementación del sistema de espacios libres en el entorno del río Genil en su confluencia con los ríos Beiro y Dílar.

Se puede observar la situación actual del corredor Genil, que, de acuerdo con el esquema planteado en la Figura 10-18, debe ser el más importante garante de la conectividad paisajística del AUG y por tanto de la propuesta de sistema de espacios libres. Sin embargo, las funciones conectivas y de eje articulador se encuentran con una problemática que se hace patente en la figura anterior. Los principales elementos de esta problemáticas son:

La ausencia de la vegetación de ribera: El mantenimiento de la conectividad paisajística del río requiere el mantenimiento del mismo en un estado ecológico aceptable, el cual pasa por una naturalización de su cauce que se encuentra actualmente encauzado, y por el mantenimiento de una vegetación de ribera que permita configurar el río como un ecosistema que a su vez pueda articular la conectividad paisajística y el sistema de espacios libres en la AUG.

La presencia de elementos del viario en el borde del río: La existencia de una vía metropolitana en la margen izquierda del río, justo sobre la plataforma del propio encauzamiento del mismo impide cualquier intento de restauración natural del cauce y supone un elemento de presión sobre el río.

Existencia de elementos de barrera: la presencia de elementos del viario metropolitano que actúan como barreras suponen una ruptura en la continuidad de los caminos y del propio río Genil como elemento conector. Es necesario tratar los diferentes encuentros de ambas redes (paisajística y de la movilidad) para garantizar el buen estado y uso de los elementos de conexión paisajística.

Presencia de zonas ocupadas en el entorno del río: existen diversas áreas ocupadas en el entorno inmediato del cauce del río. Entre los elementos de ocupación destaca la existencia de un área industrial muy degradada en la margen izquierda del río, en la inmediata proximidad del lugar donde se produce la unión del río Monachil con el Genil; la depuradora que sirve a la ciudad de Granada, en la margen derecha del río, o algunas áreas industriales algo más dispersas.

Falta de adecuación de los caminos a un uso como articulador del sistema de espacios libres: La red de caminos existente en torno al río Genil como elemento articulador debe estar adecuada para un uso peatonal y de modos alternativos de movilidad. Sin embargo la situación y ordenación actual de este sector permite el acceso de tráfico pesado a los caminos de borde del río, entrando este uso en conflicto con aquellos asociados a un sistema de espacios libres.

Falta de adecuación de los usos del suelo a los procesos eco-paisajísticos que el elemento conector debe garantizar. Para el funcionamiento del elemento conector como un corredor eco-paisajístico y garantizar la conectividad de los diferentes ecosistemas o zonas agrícolas identificadas como áreas fuente, es necesario establecer una ordenación de los usos en el entorno de dichos elementos conector. En este sentido aquellos usos ecológicamente ligados a las zonas próximas del río, como las choperas, deberían ocupar las zonas próximas al río facilitando su conectividad. Igualmente, aparecen asociadas al río algunas áreas de erial que pueden ser empleadas para la localización de nuevas actividades dinamizadoras de la función de este elemento conector como sistema de espacios libres.

De acuerdo con los planteamientos arriba expresados, y para implementar el diseño de este sector como un importante elemento de conexión paisajística en la AUG se ha planteado una propuesta de tratamiento del conector río Genil que trata de solventar todos los puntos expuestos y que permita garantizar la funcionalidad eco-paisajística y como sistema de espacios libres del mismo. La Figura 10-21 recoge la imagen de la propuesta:

En ella, se ha tratado de paliar aquellas problemáticas identificadas anteriormente a través de la naturalización del cauce del río, y la recuperación de la vegetación de ribera, los cambios en la red viaria que minimizan los efectos de barrera y la presión sobre el borde del río, los cambios en los usos

para garantizar la conectividad de los mismos a través del establecimiento de *stepping stones*³ que implican la delimitación de zonas agrícolas con vinculación de usos, el establecimiento de una red de caminos para la movilidad peatonal y alternativa, y por último la ubicación de nuevos equipamientos y servicios que potencien el uso del elemento conector como un auténtico espacio libre metropolitano⁴

³ Término que hace referencia a manchas o teselas de un uso que actúan como pequeñas islas a relativamente escasa distancia que permiten el movimiento de las diferentes especies que habitan en ellas.

⁴ En esta zona se encuentra una de las áreas identificadas para la localización de nuevas centralidades metropolitanas de acuerdo con el criterio de diversificación (epígrafe 10.2.3.3)



Figura 10-21: Situación propuesta tras la implementación del sistema de espacios libres en el entorno del río Genil

El otro sector considerado, como se ha comentado anteriormente, se corresponde con el área comprendida entre los núcleos urbanos de Santa Fé y Atarfe. Esta área comprende igualmente el río Genil como principal elemento articulador del paisaje del AUG, pero en este caso adquiere un importante papel la presencia de elementos conectores transversales al río, que articulan las relaciones entre la Vega central y el sector Norte de la misma, comprendido entre los núcleos urbanos de Peligros, Atarfe y Albolote.

Como se puede observar en la Figura 10-22, las principales disfunciones o problemáticas existentes en el área seleccionada son las siguientes:

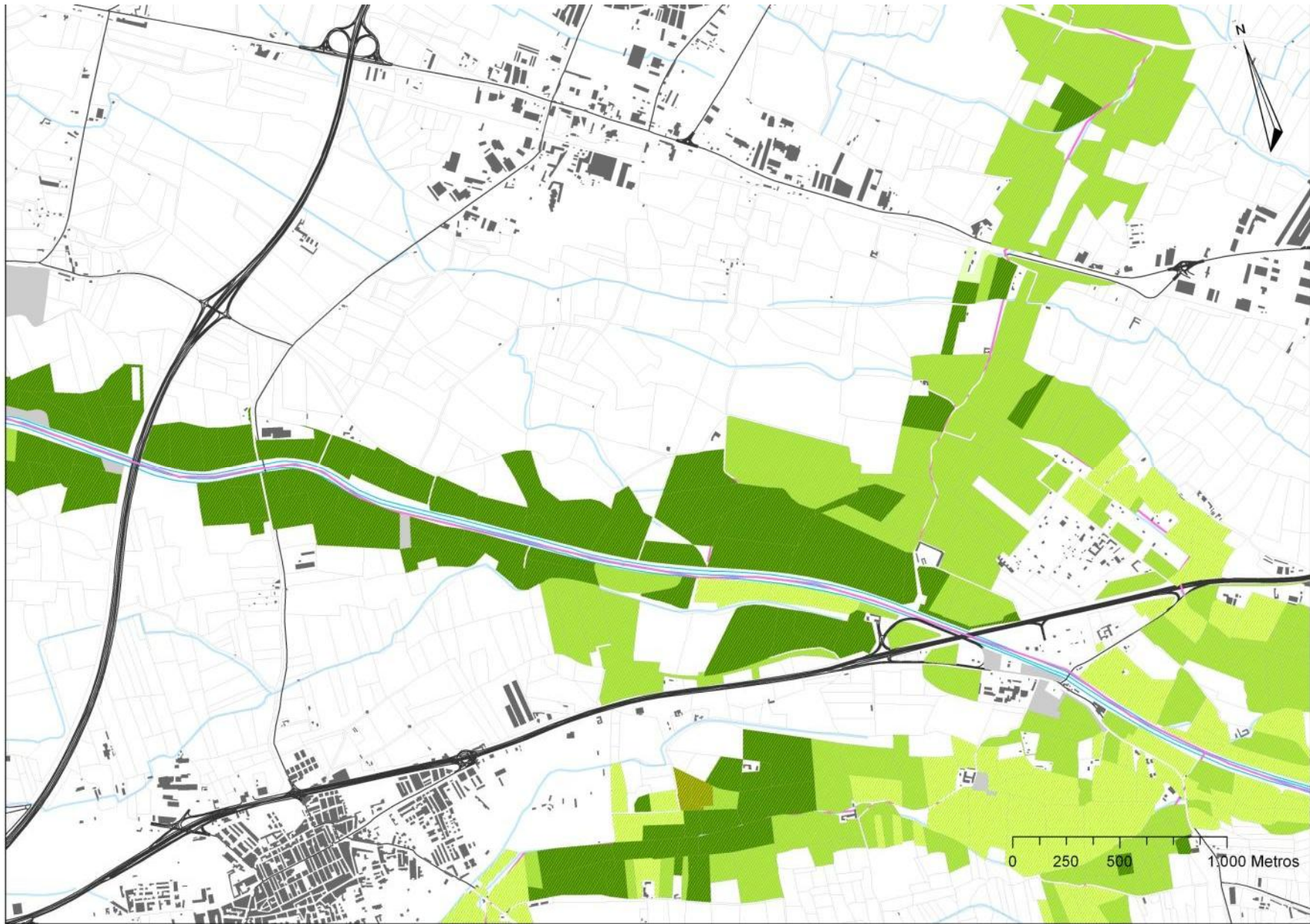


Figura 10-22: Situación previa a la implementación

Incremento del efecto barrera y por tanto incremento del aislamiento entre el sector Norte de la Vega y la Vega central (capítulo 9) ocasionada por la ocupación lineal de los bordes de la vía metropolitana N-432.

Escasa articulación transversal del espacio agrario, debido a una red de caminos generalmente longitudinal paralela al río que no facilita las conexiones transversales o perpendiculares al sentido del mismo.

Aislamiento de los núcleos urbanos de las zonas agrícolas y potencial sistema de espacios libres, especialmente debido al trazado de variantes de circunvalación o a la presencia de importantes vías metropolitanas, como es el caso de el núcleo urbano de Santa Fé.

Presencia de elementos urbanos situados sobre la margen del río, algunos de ellos catalogados como urbanizaciones ilegales en diversos documentos de planificación (Capítulo 3) o como zonas no urbanizables de especial protección en el Planeamiento vigente (Ayuntamiento de Granada, 2000). Igualmente se encuentra ubicada justo en la margen del río la segunda depuradora de la AUG.

Fragmentación ocasionada por la red viaria metropolitana, que ocasiona en algunos casos (capítulo 9) el aislamiento e insularización de ciertos sectores productivos.

Al igual que en el caso anterior, encontramos una escasa adecuación de los caminos a su posible función como elemento articulador del sistema de espacios libres; una escasez de conexión entre los diferentes usos agrícolas del suelo, lo que disminuye su conectividad ecológica, entendida como una de las funciones a desempeñar por parte del sistema de espacios libres; una falta de vegetación de ribera que permita recuperar el estado ecológico del cauce del río Genil

Para tratar de paliar los condicionantes citados se ha desarrollado la siguiente propuesta, que trata de mejorar las condiciones del sector seleccionado para facilitar la implementación del sistema de espacios libres en el AUG. La Figura 10-23 recoge los resultados de la propuesta.



Figura 10-23: Situación propuesta tras la implementación del sistema de espacios libres entre los municipios de Atarfe y Santa Fé.

10.2.4.4 CRITERIO J: CONEXIÓN PAISAJE-CIUDAD.

Una vez diseñado a escala territorial el sistema de espacios libres, con algunos ejemplos de implementación a una escala de mayor detalle mostrados en los dos ejemplos anteriores, el último criterio de actuación de este bloque lo constituye el proceso de conexión de este sistema con la ciudad o principales núcleos que forman parte del sistema de asentamientos metropolitanos, que constituyen la potencial fuente de usuarios del sistema de espacios libres. Esta conexión debe garantizar un acceso fácil, seguro y deseable de los ciudadanos a dicho sistema, a la vez que constituye un ámbito de especial interés en el que se produce la mezcla y transición de los tradicionalmente denominados "campo" y "ciudad", y cuya distinción debe ser diluida (van der Valk, 2002).

La conexión de ambos sistemas permite además la integración del sistema de espacios libres en la ciudad como una parte fundamental del área metropolitana, permitiendo su mayor valoración por parte de los ciudadanos, principales usuarios de la misma. Además permite difundir los valores ambientales y paisajísticos (elevados en el caso del paisaje de la AUG, Fernández, 1985; Fernández, 2004) a la AUG, dotándola de equipamientos (algunos de ellos asociados al sistema propuesto) así como de espacio libre, verde y de esparcimiento. Este sistema se constituye así como un instrumento necesario para el desarrollo armonioso de la ciudad, ampliamente utilizado y con excelentes resultados en países como Holanda (van der Valk, 2002).

Para mostrar la importancia del criterio de conexión paisaje ciudad, se ha planteado una propuesta de conexión de la ciudad de Granada con el eje conector Río Genil, el cuál ha sido tratado igualmente en la escala de implementación del sistema de espacios libres. El borde Ciudad-Paisaje en este caso se encuentra marcado por la presencia de la Ronda de Circunvalación A-44, la cual establece de forma nitida el límite Oeste de la ciudad de Granada, (originariamente establecido como límite al crecimiento urbano con el objetivo de preservar la Vega, Ayuntamiento de Granada, 1985) dificultando enormemente la deseable permeabilidad ciudad-paisaje. Este hecho se debe al diseño de la propia infraestructura, la cual presenta la mayor parte de su trazado *en terraplén*, con algunos sectores *en viaducto* en los que se salvan los principales cauces y los accesos a la capital desde el Oeste. Este diseño impide una relación siquiera visual entre la ciudad y el paisaje circundante, que constituye el principal hándicap a superar para la correcta integración de la propuesta de espacios libres y el sistema urbano (Figura 10-24)



Figura 10-24: Accesos al paisaje agrario conformado por la Vega de Granada a través de la vía metropolitana A-44 en dos puntos: sector Genil (izquierda) y Beiro (derecha).

La propuesta plantea la conexión de la ciudad de Granada con el sistema de espacios libres expuesto anteriormente en el entorno del río Genil, a través de un sistema de parques, y del soterramiento de la infraestructura de circunvalación en el sector seleccionado, que permite ganar un importante espacio empleable como espacios verdes y parques de la ciudad, que a su vez facilita la conexión con el sistema de espacios libres de articulación de la AUG propuesto y que por otra parte favorece la posibilidad de que se den

nuevos desarrollos urbanos de infiltración en los espacios agrarios, favoreciendo un uso multifuncional más eficiente del paisaje (Fry, 2002, Matarán, 2005)

La Figura 10-25 muestra la situación existente previa a la actuación. En ella se puede observar la presencia del Parque "Federico García Lorca", así como el trazado de la ronda de circunvalación, que actúa como borde de la ciudad con el paisaje agrario. También queda patente la traza del río Genil, *canalizado* hasta la intersección con la ronda de circunvalación, momento en el que pasa a encontrarse únicamente *encauzado*.



Figura 10-25: Borde e interfase urbana-paisaje en la ciudad de Granada, con el río Genil como principal elemento conductor.

Por su parte, la propuesta realizada (Figura 10-26) incluye la creación de un sistema de parques a modo de anillo verde en la zona Oeste de la ciudad de Granada, en la zona de contacto con el paisaje agrario, en un espacio generado tras el soterramiento de la A-44 o ronda de circunvalación. Igualmente se propone el trazado de una

nueva vía urbana que articule los nuevos espacios generados y permita nuevos desarrollos en el Oeste de la ciudad. .



Figura 10-26: Propuesta de conexión Ciudad Sistema de espacios libres a través del diseño de un conjunto de parques

10.3 LA GENERACIÓN DE UN ESCENARIO FUTURO. APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS

Como resultado de la aplicación de los criterios empleados y como culminación de su aplicación en la planificación de un lugar metropolitano como el AUG, se ha generado un escenario final que los aglutina, de tal forma que se plasman de forma espacial. Para representar esta propuesta, se ha elegido incluir la ocupación urbana simulada en el escenario tecnológico, como un escenario intermedio entre los otros dos extremos simulados. Junto con esta ocupación urbana se han aplicado los criterios que presentan una dimensión claramente espacial (otros, como los de monitorización de los cambios en los patrones no tienen una plasmación espacial clara en el diseño del escenario). Como resultado de su aplicación, las propuestas son las siguientes:

Áreas en la que los patrones de crecimiento lineal deben ser evitados: se trata de aquellas zonas en torno a las principales vías metropolitanas, que por su situación especialmente crítica para la conectividad del paisaje agrario, son especialmente tendentes a generar importantes procesos de fragmentación, entrando en conflicto con el sistema de espacios libres metropolitanos. Por ello los crecimientos lineales, que tienden a impermeabilizar aún más las barreras que constituyen las vías metropolitanas, deben ser evitados (epígrafe 10.2.3.2.4)

Áreas a evitar procesos de conurbación: Áreas próximas entre sí, que a través de crecimientos por agregación pueden dar lugar a la formación de continuos urbanos o conurbaciones, en las que generalmente, la articulación viaria y de sistemas de espacios libres es muy escasa. Por ello en dichas áreas deben evitarse los procesos de crecimiento (epígrafe 10.2.3.2.1)

Propuesta de sistema de espacios libres: Como resultado de la aplicación de los diferentes criterios a este respecto, se ha implementado el sistema de espacios libres diseñado para el ámbito de la AUG (ver epígrafe 10.2.4)

Implementación de pasillo o conectores que aseguren la continuidad del sistema de espacios libres propuesto: La existencia de lugares de conflicto entre el sistema de espacios libres implementado, y los crecimientos urbano y de nuevas infraestructuras viarias, especialmente en el caso del escenario de especialización tecnológica aquí representado (Ver criterio C).

Implementación de conexiones de los núcleos urbanos con el sistema de espacios libres propuesto: El sistema de espacios libres propuesto, además de mantener la conectividad ecológica en el paisaje agrario de la AUG, presenta una dimensión recreativa, de ocio, de esponjamiento metropolitano, y de movilidad alternativa que hace totalmente necesario la conexión de los diferentes núcleos urbanos al mismo. Para ello, se plantean los lugares de conexión orientativos para los núcleos más importantes del ámbito de trabajo, que a una escala de detalle, se presentaron para el caso de la ciudad de Granada en el epígrafe 10.2.4.4

Reconversión de áreas monofuncionales en áreas de centralidad metropolitana: especialmente aquellas áreas industriales extensivas (epígrafe 10.2.2.2), que permiten aportar nuevos servicios a áreas residenciales de un peso específico en el ámbito metropolitano.

Localización de nuevas centralidades metropolitanas, en áreas estratégicas de la AUG, que permitan incrementar la cohesión territorial y un desarrollo más equilibrado y menos dependiente del núcleo central de la AUG (epígrafe 10.2.2.2).

En la Figura 10-27 queda recogido el escenario generado, mientras que la Tabla 10-3 muestra el desarrollo de las propuestas del mismo como resultado de la aplicación de los diferentes criterios.

PROPUESTA ESCENARIO FINAL

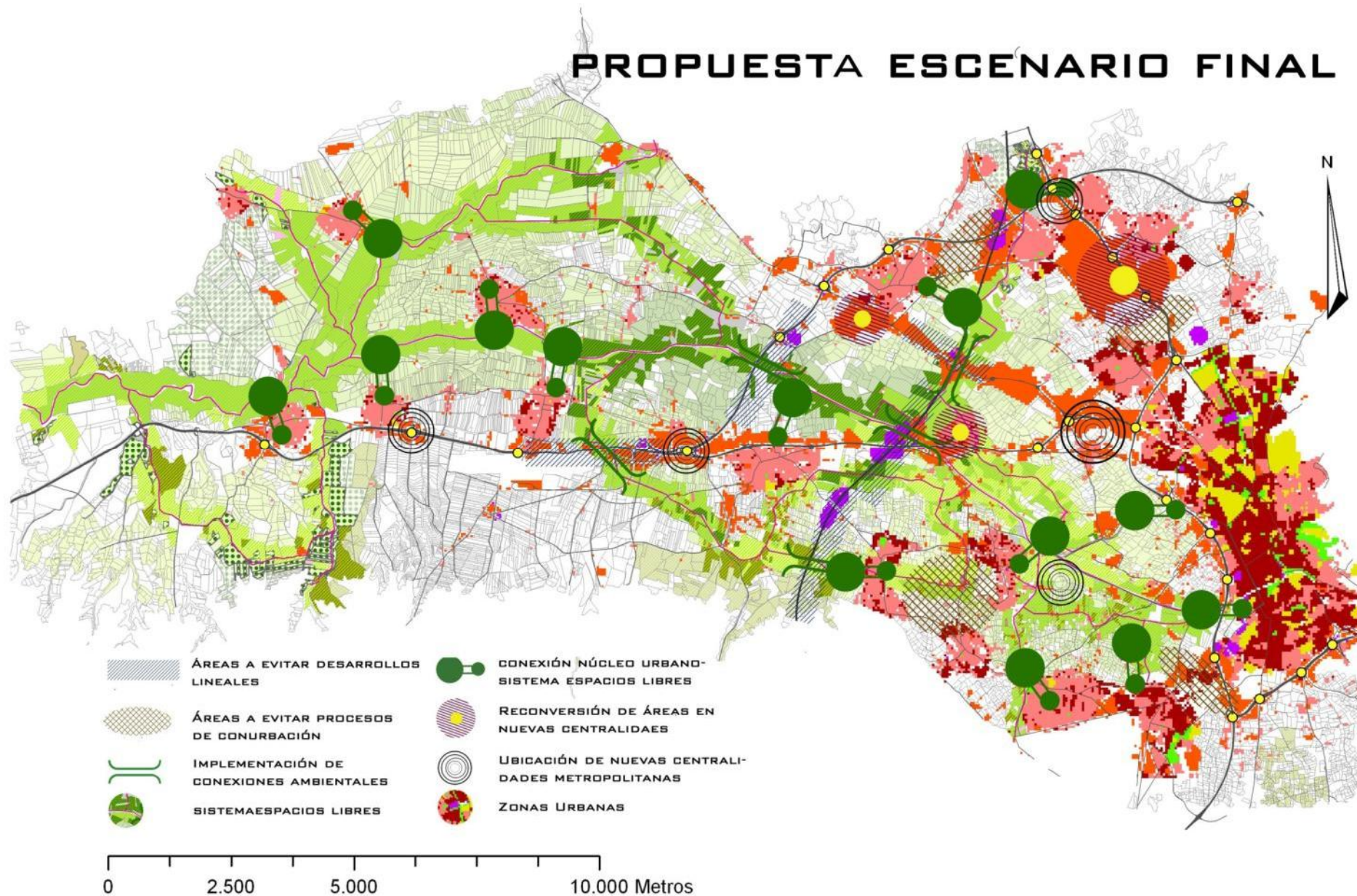


Figura 10-27: Escenario de propuesta generado a partir de los diferentes criterios diseñados








PROPUESTA	CRITERIOS IMPLICADOS
 SISTEMA ESPACIOS LIBRES	CRITERIO G: IDENTIFICACIÓN ÁREAS FUENTE CRITERIO H: DISEÑO ESQUEMÁTICO CRITERIO I: IMPLEMENT. ESPACIOS LIBRES
 CONEXIÓN CON SISTEMA ESPACIOS LIBRES	CRITERIO J: CONEXIÓN PAISAJE-CIUDAD
 IMPLEMENTACIÓN DE CONEXIONES AMBIENTALES	CRITERIO C: CENTRALIDAD Y CONECTIVIDAD CRITERIO H: DISEÑO ESQUEMÁTICO CRITERIO I: IMPLEMEN. ESPACIOS LIBRES
 ÁREAS A EVITAR CONURBACIONES	CRITERIO C: CENTRALIDAD Y CONECTIVIDAD: CRITERIO E: LOCALIZ. PATRONES OCUPACIÓN
 ÁREAS A EVITAR CRECIMIENTOS LINEALES	CRITERIO C: CENTRALIDAD Y CONECTIVIDAD: CRITERIO E: LOCALIZ. PATRONES OCUPACIÓN
 RECONVERSIÓN EN CENTRALIDADES Y SERVICIOS	CRITERIO A: SATURACIÓN NODOS CRITERIO B: LOCALIZACIÓN NODOS CENTRAL CRITERIO F: DIVERSIF. ÁREAS MONOFUNC. CRITERIO I: IMPLEMENT. ESPACIOS LIBRES
 NUEVAS CENTRALIDADES METROPOLITANAS	CRITERIO A: SATURACIÓN NODOS CRITERIO B: LOCALIZACIÓN NODOS CENTRAL CRITERIO F: DIVERSIF. ÁREAS MONOFUNC. CRITERIO I: IMPLEMENT. ESPACIOS LIBRES

Tabla 10-3: Formulación del escenario de propuesta a través de la aplicación de los criterios desarrollados.

10.4 HERRAMIENTAS DE AYUDA A LA DECISIÓN: LAS HERRAMIENTAS DESARROLLADAS AL SERVICIO DE LA PLANIFICACIÓN Y LA TOMA DE DECISIONES

En este epígrafe final se plantea el diseño conceptual de un sistema de ayuda a la decisión (SADE)⁵ (Densham, 1991; Hendriks y Vriens, 2000) para su aplicación en la planificación, el cual podría ser implementado a partir del conjunto de instrumentos desarrollados en este trabajo. Únicamente pretende ser un esquema conceptual de la posible implementación de dichos criterios junto con las herramientas de simulación y valoración desarrolladas, que funcione como una herramienta de selección de alternativas, tanto de actuaciones sectoriales con influencia espacial como de actuaciones territoriales y urbanas. En este sentido, este sistema trataría de

⁵ Para Densham (1991), un sistema de ayuda a la decisión estaría constituido por un marco en el que se integran gestión de datos, salidas gráficas y tabulares junto con modelos analíticos. La principal diferencia con respecto a un SIG podría ser explicada a través del hecho de que los SIG se centran en los datos, mientras que los SADE se centran en situaciones problemáticas a resolver (Cooke, 1992, Crossland, M.D., Wynne, B.E. & Perkins, 1995), como es el caso que aquí se plantea.

superar las ventajas del empleo de los SIG en la planificación, discutidas en el capítulo 2, así como por multitud de autores (Gutiérrez, y Gould, 1998; Bosque y García, 2000); a través de la implementación conceptual de un SADE que se constituyese como una herramienta útil para el planificador a la hora de tomar decisiones y que eliminase en cierta forma la incertidumbre inherente que acompaña a estos procesos (Prato, 2007).

A nivel general, los Sistemas de Ayuda a la decisión son un conjunto de sistemas informáticos empleados para ayudar en la toma de decisiones a través del empleo de datos, documentos, comunicación, modelos, etc.; (Kaloudis, Costopoulou, Lorentzos, Sideridis y Karteris, 2008). Estos sistemas implicarían una mejora en el proceso de toma de decisiones, en lo que a su calidad y efectividad se refiere (Dunikoski y Mandell, 1988)

Los ejemplos recientes de diseño e implementación de estos sistemas son muy variados y en ámbitos muy diversos. Algunos ejemplos se encuentran en el ámbito de la gestión de los recursos forestales (Kaloudis *et al*, 2008), la gestión de incendios (Varela, Arias, Cotos, Sordo y Triñanes, 2002) la gestión de recursos hídricos (Pallottino, Sechib y Zuddas, 2005; Miller, Semmens, Goodrich, Hernandez, Miller, Kepne y Guertin, 2007), la conservación del suelo (Rao, Fan, Thomas, Cherian, Chudiwale y Awawdeh, 2007) o de las zonas agrícolas (De la Rosa, Mayol, Diaz-Pereira, Fernández, De la Rosa Jr, 2004)⁶; la ingeniería civil (Oñate, Marcipar y Piazzese, 2005), la gestión del transporte (Arampatzis, Kiranoudis, Scaloubacas y Assimacopoulos (2004) o la planificación y diseño urbano y espacial (Jankowski, Nyerges, Smith, Moore y Horvath, 1997; Luca, 2007). Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos sistemas aún presentan debilidades, y se encuentran en una etapa temprana de su desarrollo (Vonk, Geertman y Schot, 2007)⁷

Así pues, el sistema que se propone, podría ser empleado como instrumento de selección de alternativas o propuestas en función de los posibles cambios o modificaciones que pudieran introducir en el sistema metropolitano y sus diferentes componentes. Para ello contaría como uno de los pilares centrales con el modelo de simulación basado en AC (Capítulo 7). Este modelo permitiría la generación de diferentes simulaciones que representasen diversos escenarios o posibles resultados consecuencia de la adopción de cualquier alternativa, propuesta, proyecto o plan desarrollado. Estas simulaciones y escenarios, al igual que se ha planteado de forma previa, podrían mostrar diversas tendencias inducidas como consecuencia de la adopción de la propuesta, permitiendo así una mayor flexibilidad y abarcando un amplio espectro de posibilidades de evolución a partir de la misma.

Posteriormente, los escenarios generados serían evaluados de acuerdo con los criterios para la planificación descritos anteriormente en el epígrafe 10.2, esto es criterios de Accesibilidad, aspectos morfológicos y espaciales de los desarrollos urbanos y criterios eco-paisajísticos.

En este sentido sería necesario definir un sistema de indicadores que, en relación con cada uno de los aspectos presentados en los criterios de planificación, permitiese llevar a cabo de forma cuantitativa la valoración del cumplimiento de los diferentes criterios establecidos. En el caso de los aspectos morfológicos y espaciales, en relación con las formas y patrones de ocupación, las métricas espaciales podrían ser fácilmente empleadas como indicadores de las diferentes formas de ocupación inducidas por las alternativas a valorar. Por su parte en el caso de la afección del paisaje agrario, la pérdida de funcionalidad paisajística podría ser estudiada a través de la conectividad ecológica, presentada en el capítulo 9. Por su parte, nuevos criterios deberían ser desarrollados para la determinación de la afección del sistema de espacios libres Finalmente, la accesibilidad y su afección podría ser determinada a través de del indicador de saturación metropolitana de los nodos y las áreas tributarias.

⁶En Mowrer *et al* (1997) se puede encontrar una interesante recopilación de instrumentos de ayuda a la toma de decisión aplicados para la gestión de recursos naturales, especialmente en el ámbito de los recursos forestales.

⁷ En este artículo se puede encontrar un interesante análisis DAFO del uso de los sistemas de ayuda a la planificación, en el que se destacan las principales ventajas o fortalezas del uso de los mismos.

Una vez definidos de forma exacta los diferentes indicadores para cada uno de los criterios, que podrían formar parte de un observatorio metropolitano (Keiner y Arley, 2007), el siguiente paso sería la combinación de los resultados de los mismos, a través de sistemas de evaluación multicriterio (Bana E Costa, Stewart y Vansnick, 1997; Malzewski, 1999; Gómez y Barredo, 2005), en el que se valorase el grado de cumplimiento de los mismos a través de un sistema de pesos, el cual conduciría a una valoración global de cada una de las alternativas. Este proceso de valoración multicriterio (Lahdelma, Salminen y Hokkanen, 2000), con un marcado carácter espacial frente a otros modelos tradicionales (Varela *et al*, 2002), y cuyos sistema de pesos podría variar en función del tipo de propuesta a valorar y su mayor o menor incidencia en cada uno de los aspectos considerados, sería la forma óptima de determinar aquella alternativa más positiva para el conjunto metropolitano a partir de los criterios definidos. La Figura 10-28 muestra de forma detallada el esquema conceptual del sistema propuesto.

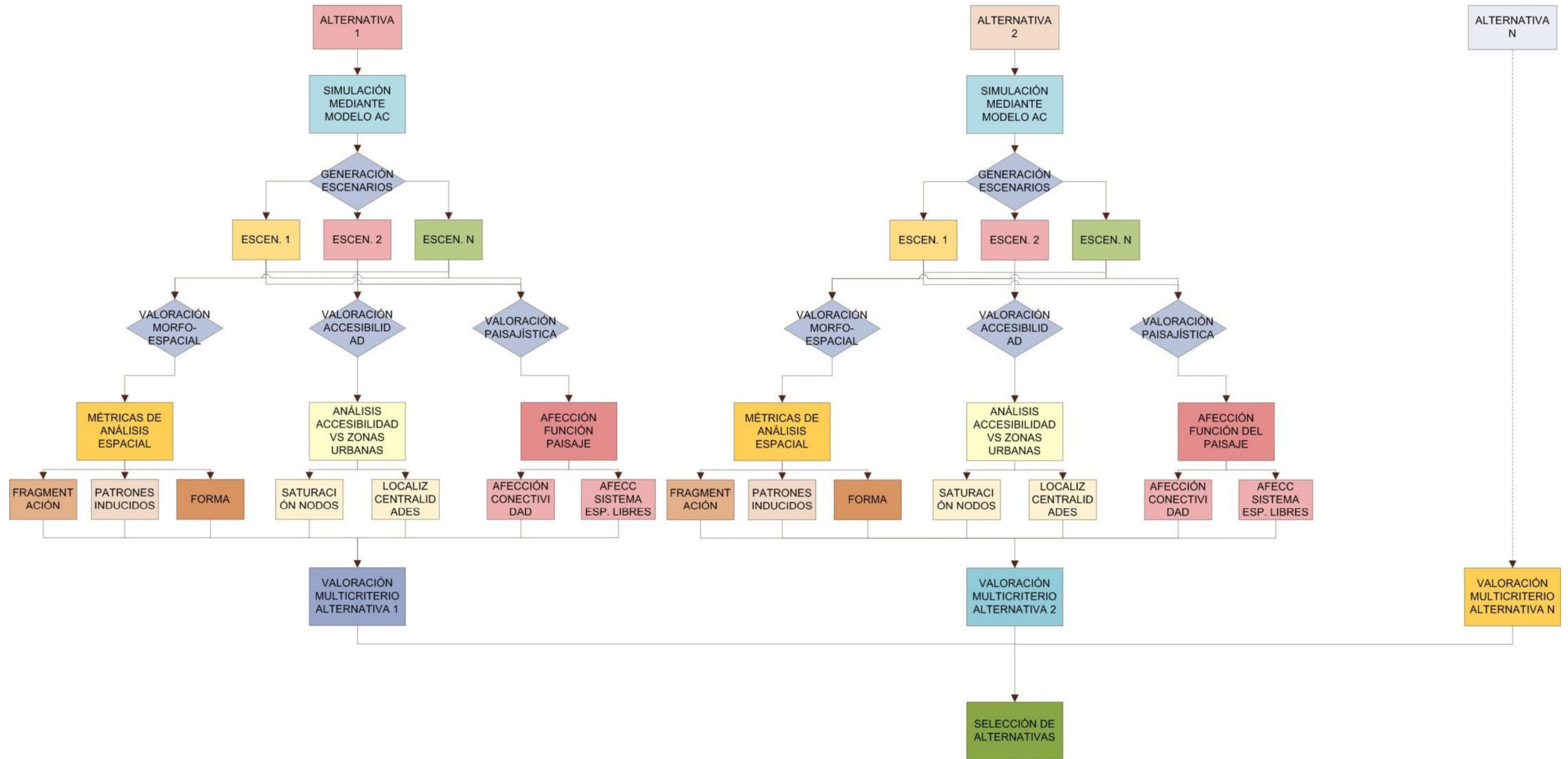


Figura 10-28: Diseño esquemático del funcionamiento del Sistema de Ayuda a la Decisión propuesto

En ella se podrían distinguir los siguientes elementos:

INPUT: Constituido por las diferentes alternativas a valorar, ya sean propuestas sectoriales, de zonificación o de clasificación del suelo, de localización de nuevos asentamientos, etc, y que se introducen en el sistema de valoración.

SIMULACIÓN Y GENERACIÓN DE ESCENARIOS: Este bloque estaría constituido por el modelo de simulación basado en AC, que permitiría llevar a cabo la generación de diferentes escenarios con posibles tendencias para el área de estudio, como consecuencia de la puesta en marcha de la propuesta introducida por cada una de las alternativas. El número de escenarios a simular puede variar en función del tipo de alternativa o propuesta que se valore, de tal forma que se generen los suficientes escenarios para cubrir las distintas posibilidades de evolución metropolitana como consecuencia de la propuesta. Los distintos escenarios pueden requerir diferentes procesos de calibración del modelo de simulación, o bien realizarse a partir de calibraciones estándar para diferentes comportamientos tipo, similares a los descritos en el capítulo 7.

VALORACIÓN ATENDIENDO A LOS CRITERIOS: Cada uno de los diferentes escenarios generados para cada alternativa debe ser valorado atendiendo a los criterios de accesibilidad, afección al paisaje metropolitano y a los de forma y patrón de ocupación. Estos criterios permitirían valorar el grado del cumplimiento o de respuesta que las diferentes alternativas podrían aportar a cada uno de los criterios, de tal forma que se obtuviese finalmente una valoración cuantitativa del mismo.

EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS: Una vez que se ha llevado a cabo la valoración de los diferentes escenarios, atendiendo a los diferentes aspectos, el sistema debe permitir la valoración global de cada una de las alternativas incorporando dichas valoraciones a través de un sistema de evaluación o decisión multicriterio (Malcewski, 1999, Gómez y Barredo, 2005), que permita adaptar los diferentes pesos de cada uno de los grupos de criterios al tipo de propuesta o proyecto que se trate de valorar. De esta forma se otorgaría una mayor flexibilidad a la valoración de cada tipo de propuesta, que dependiendo de su mayor o menor influencia en los diferentes criterios y aspectos de valoración podría asignar mayor o menor peso a los mismos.

Y así, a partir de esta herramienta de decisión, se aglutinarían los diferentes instrumentos desarrollados en la tesis, de forma que los mismos pudieran estar lo más accesibles posible a los procesos reales de decisión metropolitana, así como para su uso por parte de los diferentes agentes sociales que puedan tomar parte en dichos procesos de decisión.

11. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

ÍNDICE DE CAPÍTULO

11.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	349
11.1	INTRODUCCIÓN.....	350
11.2	SOBRE LOS RESULTADOS Y PRINCIPALES APORTACIONES.....	350
11.3	SOBRE LAS PRINCIPALES LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	352
11.4	SOBRE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA.....	353

1 1 . 1 I N T R O D U C C I Ó N

Este trabajo, se fundamenta en el planteamiento de las siguientes hipótesis, que constituyen el punto de partida del mismo (Capítulo 1).

- **Existe una manifiesta ausencia de métodos o instrumentos que atiendan al cambio espacial** desde la perspectiva del uso de instrumentos SIG, principios de la ecología del paisaje, generación de escenarios, simulaciones, etc., en el contexto de la planificación territorial y ordenación del territorio española.
- **La generación de escenarios futuros en el ámbito de la planificación constituye una oportunidad para el conocimiento y la discusión de las diferentes alternativas y propuestas de desarrollo territorial**, permitiendo desarrollar instrumentos que introduzcan mayor número de criterios para la evaluación y selección de las mismas, especialmente en el ámbito de las cuestiones ambientales y paisajísticas.
- **La posibilidad de generar y trasladar criterios a la planificación territorial a partir de la simulación y generación de escenarios y su posterior valoración** desde la perspectiva del análisis espacial.

En este sentido, y lógicamente para tratar de demostrar dichas hipótesis así como alcanzar los objetivos principales del trabajo, este trabajo plantea el **análisis de los diferentes aspectos espaciales del cambio metropolitano, la generación de instrumentos de simulación de escenarios futuros**, los procesos de **monitorización y valoración ambiental de dichos escenarios a través de herramientas innovadoras desarrolladas**, y la propuesta de **aplicación de criterios que desde un enfoque proactivo permitan solucionar y abordar aspectos eco-paisajísticos de la planificación en áreas metropolitanas**,

Las principales conclusiones derivadas de los resultados obtenidos se presentan a continuación, así como una discusión acerca de las principales limitaciones del mismo, y posibles líneas de investigación futura.

1 1 . 2 S O B R E L O S R E S U L T A D O S Y A P O R T A C I O N E S D E L A T E S I S E N R E L A C I Ó N C O N L O S O B J E T I V O S .

Este trabajo se enmarca en el contexto de un interés creciente en el ámbito de la planificación por el tratamiento de las cuestiones ambientales, especialmente en los entornos metropolitanos como unos de los ámbitos paisajísticos que mayor sufre el impacto de los incrementos en la ocupación urbana (Antrop, 2000), cada vez más acelerada en los últimos años (Kasanko *et al*, 2006). En este sentido, la falta de herramientas novedosas en los procesos de planeamiento y toma de decisiones en el ámbito español (salvo honrosas excepciones), explica el continuismo en el desarrollo de planes y propuestas que no son capaces de adaptarse a realidades cambiantes y complejas, o que no entienden el paisaje como un elemento activo sobre el que intervenir, de acuerdo con criterios ecológicos (en este sentido la ecología del paisaje es disciplina fundamental), para habilitar dicho paisaje como un elemento integrado del desarrollo metropolitano. Prueba de ello son los sucesivos planes territoriales analizados en el trabajo (capítulo 3) en los que los instrumentos basados en la ópticas proteccionistas empleados para la

gestión o conservación de los paisajes, se han mostrado sucesivamente inútiles en la activación y valoración de los mismos.

Así pues, en este contexto español, y de una forma especial en el caso de la AUG, **el presente trabajo ha pretendido indagar en la aplicación de nuevos instrumentos que pudieran ser empleados en la práctica del proceso de planificación y toma de decisiones**, tomando como el estudio e interpretación del cambio espacial metropolitano que ha tenido lugar en la AUG, y que ha servido como base para su desarrollo.

En primer lugar, y de acuerdo con el objetivo de *“Describir el cambio espacial acontecido en la Aglomeración Urbana de Granada”*, se ha presentado en los capítulos 3, 4 y 6, una **interpretación de los cambios espaciales metropolitanos** a través tanto de un conjunto de nuevas cartografías, así como un análisis del planeamiento, que han permitido **mostrar las diferentes dimensiones del cambio metropolitano, así como explorar, a través de diversos análisis, las relaciones entre la accesibilidad, crecimiento urbano y cambio en el paisaje agrícola**. Las principales conclusiones extraídas muestran **un ámbito metropolitano muy dinámico, en el que los cambios en la accesibilidad y en la ocupación urbana generan una alteración de los paisajes agrícolas**, en el contexto de una escasez de visión metropolitana en el tratamiento dado a este ámbito en los documentos de planificación.

De acuerdo con el objetivo de *“identificar y describir los principales patrones de ocupación urbana en el AUG”*, en el capítulo 5 se han presentado y descrito las principales formas de ocupación urbana existentes en el ámbito de estudio, en relación con otros aspectos del cambio metropolitano como la accesibilidad o la contigüidad con zonas urbanas, lo que permitió elaborar una cartografía de patrones de ocupación, que constituye una aportación del trabajo en este sentido. Los resultados obtenidos **permiten concluir cómo las formas de crecimiento en la AUG siguen patrones reproducidos en otras áreas metropolitanas europeas que permitirían extrapolar tendencias de los resultados del trabajo a otros ámbitos metropolitanos**.

Cumpliendo con el objetivo de *“Elaborar un modelo de simulación del crecimiento urbano para el AUG”*, en el capítulo 7 se ha diseñado e implementado un **modelo de simulación basado en AC**, que ha **mostrado su capacidad para reproducir tanto dinámicas de la ocupación urbana pasadas así como diferentes patrones de ocupación**, permitiendo generar diversos escenarios futuros posibles. Tanto el modelo en sí como los escenarios obtenidos constituyen aportaciones importantes de la tesis, que permiten destacar la **importancia y utilidad del empleo de instrumentos de simulación y de generación de escenarios futuros para su aplicación en la planificación subregional y metropolitana**

En lo que respecta al objetivo de *“Diseñar un conjunto de instrumentos que permitan valorar/evaluar alternativas de desarrollo metropolitano”*, a través del empleo de un conjunto de **métricas de análisis espacial** derivadas de la ecología del paisaje, se han evaluado las características espaciales de los escenarios futuros que se han **constituido como una herramienta para la monitorización del cambio**. Por otra parte, a través de la aplicación de la metodología de valoración de la conectividad, se han podido **estimar los efectos sobre el paisaje de los diferentes patrones y formas de ocupación**. Ambas aportaciones instrumentales y metodológicas son de relevancia en el contexto del trabajo, **destacando su utilidad para la determinación de las características espaciales de los cambios metropolitanos así como para el seguimiento de los procesos de planeamiento, especialmente en lo que respecta a aspectos de la relevancia de la dispersión urbana, la fragmentación, los patrones de ocupación, o la afección del paisaje**.

En lo que respecta al objetivo de *“diseñar un conjunto de criterios e indicadores aplicables al estudio y planificación de áreas metropolitanas”*, en el capítulo 10, a través de la integración de los diferentes

análisis e instrumentos desarrollados previamente, dicho **conjunto de criterios ha sido establecido, permitiendo la elaboración de una propuesta de escenario futuro, con especial atención a las cuestiones eco-paisajísticas.** Tanto este conjunto de criterios como la propia propuesta constituyen una aportación central de este trabajo, integrando los diferentes análisis previos, y que además **permite concluir que el análisis espacial es útil para el planteamiento de nuevas herramientas y metodologías para el estudio de áreas metropolitanas y para favorecer la inclusión de criterios eco-paisajísticos** en la planificación de las mismas.

Finalmente, en lo referente al objetivo de *“plantear el diseño conceptual de un sistema de ayuda a la planificación”*, en el capítulo 10 se ha presentado de forma esquemática, y a modo de integración de los criterios, dicho sistema, que **ha integrado los diferentes criterios e instrumentos elaborados en la tesis**, de tal forma que es posible concluir que **dichos instrumentos y herramientas pueden ser aplicados de forma operativa en la toma de decisiones en la planificación metropolitana.**

1 1 . 3 S O B R E L A S P R I N C I P A L E S L I M I T A C I O N E S D E L T R A B A J O

Como resulta obvio, en la realización de cualquier trabajo de este tipo, existe un conjunto de limitaciones. Sin embargo, el conocimiento previo de las mismas, permite que no hayan afectado de forma sustancial al desarrollo de la hipótesis de partida ni a la consecución de los objetivos planteados.

En lo que respecta a las fuentes de partida, la fecha de las mismas ha **condicionado los períodos temporales de análisis**, especialmente en la estimación de los cambios en la ocupación urbana. En cualquier caso, los períodos analizados son muy similares en lo que a amplitud temporal respecta. Por otra parte, **la diferencia de escala en las mismas**, ha podido limitar en ocasiones el análisis de la evolución de la ocupación urbana, puesto que los analizados han partido del proceso de digitalización sobre estas fuentes. Sin embargo, es necesario señalar que los resultados obtenidos para cada período de evolución han sido cotejados con otros trabajos disponibles (Fernández, 1997; Menor, 2000) mostrando valores similares.

En lo que respecta a la calidad de los datos empleados, podría ser especialmente comprometida en el caso de las fuentes empleadas en el análisis de evolución de los usos agrícolas, dados los problemas descritos con el uso de secano y el regadío. El diferente origen de las fuentes empleadas (ver capítulo 2 y 6) hace necesario interpretar con cautela los resultados obtenidos en los análisis de cambio en los usos agrícolas.

En lo que respecta a los patrones de ocupación urbana se puede señalar que el número identificado de los mismos es reducido (4 patrones) de tal forma que la identificación de un mayor número de tipologías o categorías de ocupación urbana así como un trabajo a mayor escala de detalle hubiera permitido identificar y caracterizar un mayor número de los mismos. En cualquier caso la necesidad de un número reducido de ellos para su empleo en el modelo de simulación, han justificado la elección realizada

En lo que respecta al diseño e implementación del modelo de simulación, una de las principales limitaciones se puede encontrar en el análisis de los factores de influencia, los cuales no han sido especialmente exhaustivos. Sin embargo la búsqueda de un modelo relativamente sencillo, dentro de la complejidad inherente a los procesos que se pretende modelizar, ha motivado este hecho. Igualmente, el reducido número de usos dinámicos contemplados, o la ausencia de usos no urbanos, constituyen limitaciones igualmente, que en cualquier caso están justificadas por el alcance del propio modelo en el

contexto del trabajo realizado. En este sentido se ha optado por desarrollar íntegramente un prototipo de modelo, en lugar de usar algunos de los ya integrados por ejemplo en el software IDRISI Kiliminajaro.

Finalmente resulta otra limitación la ausencia de capacidad para estimar las demandas de crecimiento de cada uso del suelo, como función de algunos parámetros socioeconómicos básicos, que permitirían enriquecer las simulaciones, y que debería ser explorada como futura línea de investigación.

En lo que respecta a las métricas de análisis espacial, los resultados se encuentran obviamente limitados por el conjunto de métricas seleccionado, siendo la interpretación de los mismos en ocasiones compleja. En cualquier caso, un análisis más exhaustivo, incluyendo un conjunto más elevado de métricas, y el posterior estudio de sus valores mediante métodos estadísticos multivariante (como el Análisis de Componentes Principales) podría permitir obtener un conjunto de índices sintético que recogiese la mayor parte de la variabilidad mostrada en las métricas, a modo de índices óptimos para la valoración formas de ocupación.

En lo que respecta a los análisis de conectividad, es necesario destacar el valor relativo de los resultados, de tal forma que su valor por separado es escaso. Por otra parte, **los valores asignados en las tablas de similitud de los usos agrícolas, presentan un elevado grado de subjetividad,** que a pesar de todo han permitido valorar de forma relativa la diferencia entre los distintos escenarios. Igualmente conviene señalar la **cuestión de la escala, que pese a tener un elevado grado de detalle en aspectos como el parcelario agrícola, no ha permitido establecer diferencias por ejemplo en lo que respecta a tipologías edificatorias, o a formas de ocupación de mayor detalle, que pueden provocar cambios importantes en la conectividad** (como por ejemplo un diseño concienzudo de los espacios públicos, arbolado, etc.).

En lo que respecta a las propuestas establecidas en el escenario final, y especialmente a la implementación de los sistemas de espacios libres metropolitanos y su conexión con la ciudad, debe señalarse que **no se han realizado análisis económicos acerca de la viabilidad de las propuestas señaladas.** En cualquier caso, su carácter es orientativo a la hora de plantear el tratamiento de las relaciones entre la ciudad y los paisajes agrarios metropolitanos como espacios multifuncionales, mostrando nuevas herramientas y formas de diseñar propuestas, sin que el resultado constituya de por sí un proyecto concreto o un Plan metropolitano en su conjunto.

Finalmente, en lo que respecta al sistema de ayuda a la decisión, su planteamiento meramente conceptual constituye una limitación para la transferencia de los instrumentos diseñados y aplicados en la tesis a la práctica profesional. En cualquier caso, su diseño muestra la posibilidad de implementación de los instrumentos diseñados en un software propio o como extensión de algún instrumento SIG existente, que por otra parte requeriría de un proceso de programación que se escapa del objetivo de esta tesis.

1 1 . 4 S O B R E L A S L Í N E A S D E I N V E S T I G A C I Ó N F U T U R A

Este trabajo plantea diversas líneas abiertas que deberían ser tomadas como punto de partida para el desarrollo de la investigación futura, de tal modo que **se continúe indagando en la utilidad del empleo de las herramientas aplicadas y desarrolladas en la tesis en el proceso de planificación metropolitana.** Especialmente interesante resulta el traslado y conversión de estas herramientas en instrumentos útiles y asequibles para el planificador. A este respecto, algunas de las líneas abiertas son las siguientes:

En primer lugar, y puesto que los **instrumentos de simulación y generación de escenarios futuros** son una importante herramienta que puede permitir la flexibilización e incremento de la capacidad de adaptación del planeamiento, la mejora de las herramientas de simulación **debe ser una importante línea de investigación futura**. En este sentido, la incorporación de nuevos patrones o formas de ocupación urbana, el desarrollo de instrumentos que permitan ajustar las demandas de suelo urbano en función de factores socioeconómicos, o la inclusión de más categorías de ocupación urbana, pueden ser elementos a considerar. Otra línea igualmente interesante a desarrollar consiste en la **aplicación del modelo de simulación al estudio de los cambios en otras áreas metropolitanas españolas**, que permita determinar la aplicabilidad del mismo a diferentes entornos, y así justificar el desarrollo de un software independiente, o de una extensión por ejemplo para IDRISI Kilimanjaro, que facilite el uso del mismo en otros ámbitos, permitiendo ajustes sencillos en los valores de calibración.

El desarrollo de un conjunto lo más optimizado posible de métricas de análisis espacial para la detección de diferentes aspectos del cambio metropolitano, es otra de las líneas futuras que deben ser exploradas. Igualmente, su inclusión como parte de un sistema de indicadores en el contexto de un observatorio del cambio metropolitano, podría a su vez suponer un aspecto a explorar.

Por su parte, la conectividad eco-paisajística como instrumento de valoración de la ocupación urbana, y especialmente su aplicación a escalas de mayor detalle, es otra de las líneas de investigación futura de interés, en lo que respecta por ejemplo a las comparativas de tipologías residenciales, formas y diseño de espacios públicos, integración de infraestructuras y obra lineal en el paisaje, etc.

Y por último, pero no por ello menos importante, una línea a desarrollar sería la **implementación**, de acuerdo con el desarrollo conceptual mostrado en la tesis, **de un software de ayuda a la decisión que incorpore los diferentes instrumentos y herramientas desarrollados, como prototipo de una herramienta para la evaluación y decisión de alternativas en proyectos territoriales o sectoriales con incidencia territorial**, que realmente permitiese una disminución de la incertidumbre en los procesos de toma de decisiones.

11. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

INDEX

11.	Discussion and Conclusions.....	355
11.1	Introduction	356
11.2	Results obtained regarding to the objectives of the thesis.	356
11.3	Regarding to the main limitations of the work.....	357
11.4	Future research.....	358

1 1 . 1 I N T R O D U C T I O N

As was showed in chapter 1, this work is based on the following hypothesis:

- Spanish **spatial planning policy shows a lack of methods and instruments as Landscape Ecology, GIS, scenario simulation and assessment**, etc, to be used in the spatial planning practices.
- **Future scenarios can be useful to discuss and evaluate different spatial planning strategies and proposals.** These scenarios can help to develop new spatial planning criteria, particularly landscape planning criteria.
- **It is possible to generate a set of planning criteria and tools based on spatial analysis to be used in the spatial planning policy.**

In order to demonstrate these hypotheses and to achieve the main objectives established in this thesis, the following tasks have been filled: First, different aspects of the metropolitan change have been analysed. Secondly, it **has been developed a simulation model based on Cellular Automata** according to the data obtained in this metropolitan change analysis. Using this model, three possible future scenarios have been generated showing possible future trends in the urban growth. Then, these scenarios have been assessed using spatial analysis metrics and a GIS tool to evaluate landscape connectivity. After that, the results and instruments developed have been applied to generate a set of planning criteria. Finally, a conceptual design of a Planning Support System integrating both criteria and instruments has been developed. Main conclusions of this work are presented below, as well as a discussion about the main limitations and future research possibilities.

1 1 . 2 R E S U L T S O B T A I N E D R E G A R D I N G T O T H E O B J E C T I V E S O F T H E T H E S I S .

This work has been developed in a planning context of increasing interest in environmental issues, particularly in metropolitan areas. Nonetheless, these areas receive the most important impacts of urban growth (Antrop, 2000), and this growth seems to be increasing within the last years (Kasanko *et al* 2006). However, the lack of new instruments in the Spanish spatial planning policy explains the maintenance of the status quo in the planning practices. In this sense, all plans showed in chapter 3 have failed in protection and implementation of new uses in the agricultural landscape of the metropolitan area of Granada. This thesis **tries to generate new instruments to overcome these problems**, on the basis of the analysis of the metropolitan change in Granada. Main results are discussed below regarding to the objectives previously established.

Regarding to the objective "**describing spatial change in the metropolitan area of Granada**", chapter 3, 4 and 6, show an interpretation of different aspects of the metropolitan change. As a consequence of these analyses, new maps of urban growth, accessibility change, and agricultural land use change have been obtained. Relationships among them have also been explored. Furthermore, main planning documents were presented to understand the planning context of these changes. **The results show the Granada's metropolitan area as a highly dynamic region.**

To achieve the objective *“describing the main urban patterns in the metropolitan area of Granada”*, chapter 5 presented four urban land use patterns as well as their main characteristics. According to this description a **new land use pattern map was developed as a principal result of the work**. The results show a high similarity of urban patterns between the metropolitan area of Granada and other European metropolitan areas.

Regarding to the objective *“creating a model to simulate urban growth in the Granada’s metropolitan area”*, chapter 7 presents a model based on Cellular Automata. This model has been successfully used to simulate past dynamics and also three future scenarios. Both the model and the scenario simulations constitute an important contribution of the thesis, showing the utility of these instruments to improve spatial planning practices.

To achieve the objective *“designing a set of tool to assess different alternatives of metropolitan development”* chapter 8 and 9 present a set of spatial metrics and a GIS tool to evaluate connectivity. The selected set of metrics has been useful to describe urban growth patterns and the spatial characteristics of the scenarios developed. In addition to this, the GIS connectivity tool has been showed as an important tool to assess impacts of urban growth in the landscape function. According to the results, it can be concluded that **these two instruments are important tools to assess planning scenarios and proposals**.

Regarding to the objective *“designing a set of planning criteria for the metropolitan planning process”*, chapter 10 presents a new set of planning criteria generated for the metropolitan area of Granada. Using these criteria, a new scenario has been proposed, focusing on landscape aspects. **Both the criteria and the scenario show the utility of the instruments developed in the thesis for metropolitan planning**.

Finally, regarding to the objective *“creating a conceptual design of a Planning Support System”*, chapter 10 shows the schematic design of an instrument that integrates the main criteria and tools developed in the thesis. **This design could be implemented as a tool to help in the metropolitan decision-making process**.

1 1 . 3 R E G A R D I N G T O T H E M A I N L I M I T A T I O N S O F T H E W O R K

Obviously, this thesis has got some of limitations. Despite of this, previous awareness of them, have allowed to main objectives and results obtained have not been affected. Most important limitations are discussed below.

Regarding the data sources of this thesis, they have definitely influenced the selection of the analysis periods. Anyway, the temporal range is similar for each sub period. Another weakness resides in the high variability in the spatial scales of the data sources. Due to this, some possible errors could appear in the maps, especially in the urban growth representations. However, resulting maps have been successfully compared with other similar references (Fernández, 1997; Menor, 2000). Finally, regarding to the overall quality of the data sources, the most important weakness appears in the land use change maps.

Regarding to the urban land use patterns, the description **main weakness is the reduced amount of patterns described**. Only four were identified in the metropolitan area of Granada. Some other could be described using either higher scale resolution or a larger set of land use categories. However, a reduced number of patterns was required for the subsequent implementation in the simulation model.

Regarding to the simulation model, some weaknesses can be highlighted. First, **influence factors analysis have been developed using a reduced set of variables**. Influence of many other variables could be studied, but it was essential to choose a reduced set to simplify the model implementation. **Secondly, the number of land use categories is also reduced**, and the agricultural land uses are not included in the simulation model. This reduced set of is also a requirement of the subsequent implementation of the model, because the more categories defined, the harder the implementation.

Regarding to the set of spatial metrics selected, it can be argued that the many other metrics could be included. Besides, a principal component analysis (PCA) could also have made in order to select the most appropriated set of metrics.

Regarding to the connectivity analysis, the main weakness of the proposed methodology is the relative value of the connectivity results. These values are only suitable to compare different situations in the same area of study. Another weakness is constituted by the arbitrary values of the similarity matrix used to create the cost surface. Furthermore, a higher scale resolution could have been used to establish impact differences over connectivity between urban areas. Despite of this, connectivity maps were useful to explore main differences between the three scenarios previously developed.

Regarding to the planning criteria and the proposed scenario, the main weakness could be found in the lack of economical viability assessment of the proposals, specially the open space network system. However, these proposals should be understood not as a metropolitan plan itself, but also as best practices guidance to improve landscape multifunctionality.

Finally, **regarding to the planning support system (PSS)**; the main weakness is that this system is not a complete software ready to be used in the decision making process. However, the implementation of this software requires a programming development task that has not been considered in the objectives of the thesis.

1 1 . 4 FUTURE RESEARCH

This work shows several future research lines which should be explored to keep improving the use of the presented tools in the spatial planning practices. Main of these proposed research are listed below:

First, as one of the most important tools developed in the thesis, **the improvement of the simulation model should be analysed**. The increase of the land use categories and patterns should be explored in order to achieve a more realistic representation of urban change.

Second, **optimization of the set of selected spatial metrics should be developed**. This improved set of metrics could be integrated in a metropolitan urban change observatory as a tool to assess the evolution of urban growth.

Third, **GIS landscape connectivity methodology should be enhanced to be used in a higher resolution scale**. After that, this tool could be used to help in the design of, for example, new urban development areas, landscape integration of motorways, park design, etc.

Finally could be interesting to explore **the development of a stand-alone software based on the planning support system (PSS)**. This PSS could be used as a simple tool to improve the spatial planning practices in the metropolitan areas.

REFERENCIAS

- Adriaensen, Chardon, De Blust, Swinnen, Villalba, Gulinck y Matthysen (2003): "The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model". *Landscape and Urban Planning*, vol 64, pp 233–247.
- Aguilera Benavente, F (2006): "Predicción del crecimiento urbano mediante SIG y modelos basados en AC". *Geofocus*, vol 6.
- Aguilera, F; Soria, J.A y Valenzuela, L.M (2006): "Explorando el crecimiento urbano en la Aglomeración Urbana de Granada". XII: Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, pp 3-16. ISBN 84-935057-0-6
- Ahern, J (1995): "Greenways as a planning strategy". *Landscape and Urban Planning*, vol 33. pp 131-155.
- Ahern, J (2001): *Greenways as Strategic Landscape Planning: Theory and application*. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen (The Netherlands)
- Álvarez Noves, H y Fernández-Golfín Seco, J.I (2000): "El chopo: Una madera de gran potencialidad. Su secado y algunas peculiaridades". Boletín de Información Técnica.
- Antrop, M (1998): "Landscape, change: Plan or chaos?" *Landscape and Urban Planning*, vol 41, pp 155-161
- Antrop, M (2001): "The language of landscape ecologists and planners. A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology". *Landscape and Urban Planning*, vol 55, pp 163-173.
- Antrop, M. (2000): "Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe", *Landscape Ecology*, vol 15, pp. 257-270.
- Alberti, M. (1999): "Urban Patterns and environmental performance: what do we know?" *Journal of Planning Education and Research*, vol19-2, pp. 151–163
- Alberti, M y Marzluff, J (2004): "Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions". *Urban Ecosystems*, vol 7, pp
- Alberti, M y Waddell, P (2000): "An integrated urban development and ecological simulation model". *Integrated Assessment*, vol 1,pp 215–227
- Alexander, C; Ishikawa, S; Silverstein, M (1977): *A Pattern language : towns, buildings, construction*. Oxford University Press, New York .
- Arampatzis, G; Kiranoudis, C.T; Scaloubacas, P; y Assimacopoulos, D (2004): "A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies". *European Journal of Operational Research*, vol 152, pp 465–475

Asimov, I (1961): *Foundation*. (1ª Edición en castellano: Asimov, I (1975): Fundación. Ediciones Dronte, Buenos Aires).

Aspinall, R (2004): "Modelling land use change with generalized linear models—a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana". *Journal of Environmental Management*, vol 72 pp 91-103

Augé, M. (1993): *Los no-lugares. Espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*. Editorial Gedisa.

Azócar, G; Sanhueza, R y Henríquez, C (2003): "Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: El caso de Chillán en Chile central". *Revista EURE*, vol 29, No87, pp 79-92

Ayuntamiento de Granada (1951): *Plan de Ordenación Urbana y Alineaciones de Granada*.

Ayuntamiento de Granada (1985): *Plan General de Ordenación Urbana*

Ayuntamiento de Granada (1991): *Plan Especial de Protección de la Vega de Granada*.

Ayuntamiento de Granada (1994): *Avance Plan General de Ordenación Urbana*.

Bailly, A.S (1978): *L'Organisation Urbaine. Théories et Modèles*. Centre de Recherche d'Urbanisme. Paris

Bana E Costa C.A, Stewart ,T.J y Vansnick, J (1997): "Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings". *European Journal of Operational Research*, vol 99, pp28-37

Barredo J, I. Kasanko, M, McCormick, N, Lavallo, C. (2003a): "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata". *Landscape and Urban Planning*, vol 64, pp 145-160

Barredo, J. I; Lavallo, C; Demicheli, L; Kasanko, M y McCormick, N (2003b): *Sustainable urban and regional planning: The MOLAND activities on urban scenario modeling and forecast*. European Commission. Joint Research Centre. ISBN 92-894-5513-6

Barredo J, I; Demicheli, L, Lavallo, C; Kasanko, M; McCormick, N (2004): "Modelling future urban scenarios in developing countries,: an application case study en Lagos, Nigeria". *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol 32, pp 65-84.

Batty, M (1994): "A chronicle of scientific planning. The Anglo-American modeling experience". *Journal of the American Planning Association*, Vol. 60 Issue 1, pp 7-16

Batty, M y Xie, Y(1997): "Possible Urban Automata": En Besussi, E y Cecchini, A (Ed) *Artificial Worlds and Urban Studies*. Venezia, DAESt, pp 153-164.

Batty, M (1997): "Urban Systems as Cellular Automata". Editorial. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol 24, pp 159-164.

- Batty, M *et al.* (2000): "Visualizing the city: communicating urban design to planners and decision-makers". *CASA Working Paper Series*, Nº 26.
- Baudry, J; Burel, F; Aviron, S; Martin, M; Ouin, A; Pain, G y Thenail, C (2003): "Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes: do farming activities help?" *Landscape Ecology*, vol 18, pp 303-314.
- Benabent Fernández de Córdoba, M (2006): *La Ordenación del Territorio en España. Evolución del concepto y de su práctica en el siglo XX*. Universidad de Sevilla y Consejería de Obras Públicas y Transportes, Sevilla.
- Benedict; M. A y McMahon, E. T (2006): *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Island Press, Washington.
- Benenson, I y Torrens, P (2006): *GEOSIMULATION: Automata-based modelling of urban phenomena*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- Bengston, D.,N; Fletcher, J.O y Nelson, K. C (2004): "Public policies for managing urban growth and protecting open space: policy instruments and lessons learned in the United State"s. *Landscape and Urban Planning*, vol 69, pp 271–286.
- Benito, J.M y Hernández, P (2007): "Modelling Segregation Through cellular Automata: A theoretical Answer". *Working Papers. Serie "A discusión" IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas)*
- Berling-Wolf S y Wu, J (2004a): "Modelling urban landscape dynamics: A review". *Ecological Research*, VOL19, pp 119-129
- Berling-Wolf, S y Wu, J (2004b): "Modelling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix, USA". *Urban Ecosystems*, vol 7, pp 215-240.
- Berry, B.J.L. (1964): "Approaches to Regional Analysis: A Synthesis". *Annals of the Association of American Geographers* Vol 54 pp 2 - 11.
- Besussi, E y Chin, N (2003): "Identifying and measuring urban sprawl". En AAVV (2003): *Advanced Spatial Analysis. CASA book of GIS*, ESRI press.
- Bettini, V., Gianoni, P., Di Noto, F., Stevanin, M., Zannin, D. (2001): "Landscape ecology e la teoria della percolazione in ecologia urbana: un'applicazione alla revisione di un PRG: il caso Pozzallo, Ragusa". En: *Ecosistemi Urbani. Convegno nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca*.
- Bierwagen, B. G (2007): "Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size and dispersal". *Urban Ecosystem*, pp 30-42.
- Bonham-Carter, G.F (1994): *Geographical Information Systems for Geoscientists. Modelling with GIS*. Pergamon-Press. Nueva York.

- Botequilha, A y Ahern, J. (2002): "Applying landscape concepts and metrics in sustainable landscape planning". *Landscape and Urban Planning*, vol 59, p 65-93.
- Botequilha, A; Miller, J; Ahern, J and McGarigal, K (2006): *Measuring Landscapes. A planner's handbook*. Washington, Island Press.
- Bosque, J et al. (1988): *Aplicaciones de la informática a la Geografía y a las Ciencias Sociales*. Ed Síntesis. Madrid
- Bosque, J (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Ed Rialp. Madrid
- Bosque, J. y García, R.C. (2000): "El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. 20, pp.49-67.
- Bosque (2004): *SIG, Cambio Global y Desarrollo Sostenible*. Curso de doctorado, Programa de Doctorado en Cartografía, SIG y Teledetección. Universidad de Alcalá.
- Bosque, J (1962): *Geografía Urbana de Granada*. Instituto Juan Sebastian Elcano, Zaragoza.
- Briassoulis, H. (2000): <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm> [Mayo, 2007]
- Brotos, L y Herrando, S (2001): "Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area". *Landscape an Urban Planning*, vol 57, pp 77-89.
- Bueno Porcel, P (2005): *Granada ciudades – pueblos*. Granada.
- Burel, F y Baudry J: (2002): *Ecología del Paisaje: Conceptos, métodos y aplicaciones*. Mundi Prensa. Madrid.
- Buliung, R. N. and P. S. Kanaroglou (2006): "A GIS toolkit for exploring geographies of household activity/travel behavior." *Journal of Transport Geography*, Vol 14(1), pp 35-51
- Cain, D. H; Riitters, K. H y Orvis, K (1995): "A multi-scale analysis of landscape statistics". *Landscape Ecology*, vol 12, pp 199-212.
- Cairns, S (1998): "Promises and problems: using GIS to analyse shopping travel." *Journal of Transport Geography*, vol 6 No. 4, pp 273-284
- Carsjens, G.J. and Ligtenberg. A. (2007): "A GIS-based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas". *Landscape and Urban Planning*, vol 80, 72–83.
- Caruso, G (2005): *Integrating Urban Economics and Cellular Automata to model Periurbanisation: Spatial dynamics of residential choice in the presence of neighbourhood externalities*. Tesis Doctoral. Université catholique de Louvain
- Castillo Vergara, A (2003): *Los tranvías de la Vega de Granada :el tranvía de Santa Fe, las líneas interurbanas y el ferrocarril aéreo "Durcal-Motril"*. Granada.
- Cebrián, J.A. (1988): "Sistemas de Información Geográficos". En Bosque, J. et al. (1988), *Aplicaciones de la Informática en Geografía y en las Ciencias Sociales*. Ed. Síntesis, Madrid

- Cebrián, Juan A. y Fernández, M.G. (1984): *Cartografía temática y representación gráfica mediante ordenador*. Instituto Geográfico Nacional . Madrid
- Cecchini (1997): "Are Urban Models Useful?". En Besussi, E y Cecchini, A (Ed) *Artificial Worlds and Urban Studies*. Venezia, DAEST, pp 153-164.
- Cheng, J; Masser, I (2003): "Urban growth pattern modelling: a case study of Wuhan city, PR China". *Landscape and Urban Planning*, vol 62, 199-217.
- Chica, J., Cano, R. y Chica, M. (2007): "Modelo hedónico espacio-temporal y análisis variográfico del precio de la vivienda", *GeoFocus* , vol 7, pp 56-72
- Chuvieco (1996): *Fundamentos de teledetección espacial*. Ed Rialp, Madrid.
- Chuvieco Salinero, E. (2002):. *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. Edit. Ariel. Barcelona.
- Christaller, W. (1933):. *Central Places in Southern Germany*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Clark Labs (2003): *Idrisi Kilimanjaro Help*.
- Clergeau, P y Burel, F (1997): "The role of spatio-temporal patch connectivity at the landscape level: an example in a bird distribution". *Landscape and Urban Planning*, vol 38, pp 37-43
- Consejería de Medio Ambiente, RENPA (2002): *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Consejería de Obras Públicas y Transportes (1989): *Normas complementarias del planeamiento urbanístico municipal de la comarca de la Vega de Granada*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Consejería de Obras Públicas y Transportes (1999): *Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada*. Junta de Andalucía.
- Conway, J (1970): "The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "Life"", *Scientific American* , vol 223, pp 120–123 .
- Cook, E.A (2000): *Ecological Networks in Urban Landscapes*. Tesis doctoral, Universidad de Wageningen (The Netherlands).
- Cooke, D.F. (1992): "Spatial Decision Support Systems: not just another GIS". *Geo Info Systems*, 2(5), pp 46- 49.
- Couclelis, H (1997): "From cellular automata to urban models: new principles for model development and implementation". *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol24, pp 165-174
- Crossland, M.D., Wynne, B.E. & Perkins, W.C. (1995): "Spatial Decision Support Systems: An overview of technology and a test of efficacy". *Decision Support Systems*, vol 14, pp 219- 236.
- Dalda, J A; Docampo, M G; Harguindey, J G (2006):. *La Ciudad Difusa en Galicia*. Xunta de Galicia, Consellería de Política territorial, Obras públicas y transporte

- De Almeida, C. M, Batty, M, Vieira, A. M, Câmara, G, Silveira, B, Coutinho, G, y Lopes, C. (2003): "Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation". *Computers, Environment and Urban Systems*, vol 27, pp. 481-509.
- De Kok, J. L; Engelen, G; White, R y Wind, H.G (2001): "Modeling land-use change in a decision-support system for coastal-zone management". *Environmental Modeling and Assessment*; vol 6: pp123–132
- De la Rosa ,D; Mayol, F; Diaz-Pereira, E; Fernandez, M y De la Rosa Jr, D (2004): "Land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. With special reference to the Mediterranean region". *Environmental Modelling & Software*, vol 19, pp 929–942
- Dematteis (1998): "Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas" En Monclús, J (Ed) *La Ciudad Dispersa. Suburbanización Y Periferias*. Centre de cultura contemporánea de Barcelona, Barcelona
- Densham, P.J. (1991): "Spatial Decision Support Systems". In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind(Eds) *Geographical Information Systems; Principles And Applications*. London: Longman.
- Dirección General de Urbanismo (1987): *Análisis Del Planeamiento Urbanístico En La Comarca De La Vega De Granada*. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Dirección de Urbanismo (1988): *Plan Especial De Protección Del Medio Físico De La Provincia De Granada*. Junta De Andalucía. Sevilla.
- Dramstad, W.E; Olson, J.D y Forman, R.T.T (1997): *Landscape Ecology Principles In Landscape Architecture: And Land-Use Planning*. Island Press
- Echenique, M (1975): "Desarrollo de un modelo de estructura urbana espacial", en *La Estructura Del Espacio Urbano*, Editorial Gustavo Gili S. A., Barcelona.
- Engelen, G; White, R; Uljee, I y Drazan, P (1995): "Using cellular automata for integrated modelling of socio-environmental systems". *Environmental Monitoring and Assessment*, vol 34, pp 203-214.
- Español, I. (2006): *Manual De Ecología Del Paisaje Aplicada A La Planificación Urbana Y De Infraestructuras*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid.
- Esri (2008a): *ArcGIS Desktop Help*.
- Esri (2008b) *Esri Geodatabase Model-*
- European Environmental Agency (2000): CORINE Land Cover Project.
- European Environmental Agency, (2002): *Towards an Urban Atlas. Assessment of Spatial Data on 25 European Cities and Urban Areas* . Environmental issue report No 30. ISBN 92-9167-470-2
- European Environment Agency (2006a): *Urban Sprawl in Europe*. EEA Report Nº10/2006.
- European Environment Agency (2006b): *Land Accounts for Europe. Towards integrated land and ecosystem accounting*. EEA Report Nº11/2006.

- Faludi, A (2003): "Un asunto inacabado: La ordenación territorial Europea en el primer decenio del siglo XXI". *Urban*, vol 8.
- Farina, A (2000): *Principles And Methods In Landscape Ecology* . Dordrecht [etc.] : Kluwer Academic, 2000
- Fariña, J (2002): "Sostenibilidad y racionalidad en los procesos de urbanización". En Arenillas Parra, T (coord): *Ecología y Ciudad: Raíces de nuestros males y modo de tratarlos*. Fundación de Estudios Marxistas. Madrid.
- Farrow, A y Nelson, A (2001) : *Modelación de la accesibilidad en Arcview 3*. Centro internacional de Agricultura Tropical.
- Feria, J. M. (1992): *El sistema urbano andaluz. Aglomeraciones urbanas, área de centralidad y ámbitos desarticulados*. Sevilla: Instituto de Desarrollo Regional, Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- Feria, J. M. (2004): "Problemas de definición de las áreas metropolitanas en España". *Boletín de la A.G.E;* No 38 , pp. 85-99.
- Fernández, A (1997) *Granada: Estructura de un espacio metropolitano*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Fernández, D. (2004): "Bases para la evaluación ambiental y territorial del Área Metropolitana de Granada". Congreso Nacional de Medio Ambiente. Colegio Nacional de Físicos. Madrid.
- Fernández, F (1978): *La Planificación Urbana En Granada*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos, Granada.
- Fernández, F (2003): "El paisaje urbano de la ciudad de Granada". En Capel, H (coord) (2003): *Ciudades, Arquitectura Y Espacio Urbano*. Colección Mediterráneo Económico, nº 3. Caja Rural Intermediterránea.
- Fleis, J.L. (1981): *Statistical Methods For Rates And Proportions*. Ed. John Wiley, Nueva York
- Font, A (1999): *La Construcció del territori metropolità: morfogènesi de la regió urbana de Barcelona*. Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, Barcelona.
- Font, A. et al. (2004): *L'explosió De La Ciutat*. COAC i Fòrum Universal de les Cultures de Barcelona. Barcelona
- Forman, R.T.T y Godron, M (1986): *Landscape Ecology*. John Wiley. Nueva York
- Forman, R. T. T. (1995): *Land Mosaics: The Ecology Of Landscapes And Regions*. Cambridge. EE.UU
- Forman, R. T. T. (2000): "Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States". *Conservation Biology*, 14 Issue 1, pp 31-35.
- Forman, R.T.T; Sperling, D et al (2003): *Road Ecology: Science And Solutions*. Island Press, Washington

- Franco, D.; Bombonato, A.; Mannino, I.; Ghetti, P.F. and Zanetto; G. (2005): "The evaluation of a planning tool through the landscape ecology concepts and methods". *Management of Environmental Quality: An International Journal*. Vol. 16 No. 1, 2005, pp. 55-70.
- Frankhauser, P (1998): "Fractal geometry of urban patterns and their morphogenesis". *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol 2, pp. 127-145.
- Fry, G. L.A (2001): "Multifunctional landscapes: towards a transdisciplinary research". *Landscape and Urban Planning*, vol 57, pp 159-168
- García, S (2002): *Conectividad En Sistemas Regionales De Áreas Protegidas. En Conectividad Ambiental: Las Áreas Protegidas En La Cuenca Mediterránea*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Geoghegan, J; Wainger, L.A y Bockstael, N, E (1997): "Spatial landscape índices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS". *Ecological Economics*, vol 23, pp 251-264
- Geddes, P (1915): *Cities in Evolution*. Oxford University Press[Revised edition (1950)].
- Gómez, M. y Barredo J.I. (2005): *Sistemas De Información Geográfica Y Evaluación Multicriterio En La Ordenación Del Territorio*. Ed. Ra-Ma, Madrid.
- Gómez, M. y Bosque, J. (2004): "Aplicación de análisis de incertidumbre como método de validación y control del riesgo en la toma de decisiones", *GeoFocus*, vol 4, pp 179-208.
- Gómez, J.L (2002): "La planificación Territorial. De qué tiempo, de qué lugar y de que problemas hablamos". *Ingeniería y Territorio*, No 60, pp 86-91.
- Grindlay, A.L., Hernández, E., Cortés, R. y Molero, E. (2004): "Interacción accesibilidad – usos del suelo: Perspectivas de desarrollo litoral granadino ante el trazado de la Autovía del Mediterráneo". VI Congreso de Ingeniería del Transporte. Vol 4. Zaragoza
- Gutiérrez, J. y Gould, M (1994): *SIG: Sistemas De Información Geográfica*. Síntesis, Madrid
- Gutierrez, J y Gould, M., (1998), Bases conceptuales de los SIG. Áreas de aplicación. 1r Congreso español de SIG medioambientales. Madrid. ETS Montes Universidad Politécnica de Madrid, multicopiado.
- Gustafson, E. J., and Parker, G.R. (1994): "Using an index of habitat patch proximity for landscape design". *Landscape and Urban Planning*, 29, pp.117-30.
- Gutiérrez, J y Urbano P. (1996): "Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network". *Journal of Transport Geography*, vol 4, pp 15-25
- Gutiérrez, J y Gómez, G (1999): "The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40". *Journal of Transport Geography*, vol 7, pp 1-15

- Gutiérrez, J (2001): "Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border". *Journal of Transport Geography*, vol 9, pp 229-242.
- Hagerstrand, T. (1967): *Innovation Diffusion As A Spatial Process*. The University of Chicago Press.
- Hagget, P y Chorley , R.J (1969): *Network Analysis In Geography*. Arnold , Londres
- Hagget, P. (1983): *Geografía, Una Síntesis Moderna*. Barcelona, Ed. Omega.
- Harris, B. (1994): "The Real Issues Concerning Lee's "Requiem"". *Journal of the American Planning Association*, Vol. 60 Issue 1, pp 17 - 29
- Haynes, K.E; Stough, R.R. and Kulkarni R.G (1999): "Towards a percolation model of accessibility". IV International Conference on GeoComputation Fredericksburg. USA.
- Hellmund, P. C y Smith, D. S (2006): *Designing Greenways. Sustainable Landscapes For Nature And People*. Island Press, Washington.
- Hendriks, P y Vriens, D (2000): "From Geographical Information Systems to Spatial Group Decision Support Systems. A Complex Itinerary". *Geographical and Environmental Modelling*, vol 4, no 1m pp 83-104.
- Hernández,A; Hernández, L; Hoya, S; Martín, A y Rodríguez, G (2007):"Simulation of forest fire fronts using cellular automata". *Advances in Engineering Software*, vol 28 (Issue 6), pp 372-378.
- Herold, M; Goldstein, N. C y Clarke , K. C. (2003): "The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling". *Remote Sensing of Environment*, vol 86, pp 286–302
- Herold, M; Couclelis, H, Clarke K.C; (2005): "The role of spatial metrics in the analysis and modelling of urban land use change". *Computer and Environment Systems*, vol 29, pp. 369-399.
- Herzog, F. y Lausch, A. (2001): "Supplementing land use statistics with landscape landscape metrics: some methodological considerations". *Environmental Monitoring and Assessment*, vol 72, pp. 37–50.
- Hidding, M C. y Teunissen, A. T. J. (2002): "Beyond fragmentation: Next concepts for urban-rural development", *Landscape and Urban Planning*, vol 58, pp. 287-308.
- Hodge, D.C (1997): "Accessibility-related issues" (editorial). *Journal of Transport Geography*, Vol 5, No 1, pp 33-34
- Holl, A (2007): "Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building programme". *Journal of Transportation Geography*, vol 15, pp 286-297
- Indovina, F (2005): *L'esplosione della città*. Ed Compositori, Bologna.
- Isard, W. (1956): *Location And Space Economy: A General Theory Relatingto Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade And Urbanstructure*. New York.

Itami, R M (1994): "Simulating spatial dynamics: cellular automata theory", *Landscape and Urban Planning*, vol 30, pp. 27-47.

Iuell, B (Coord.) (2005): *Fauna Y Tráfico: Manual Europeo Para La Identificación De Conflictos Y El Diseño De Soluciones*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.

Jankowski,P; Nyerges, T.L ; Smith, A; Moore, T. J. y Horvath, E (1997): "Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decisionmaking". *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 11, no. 6, pp 577 – 602.

Jimenez, F. (2004): *Las Gentes Del Área Metropolitana De Granada. Relaciones, Percepciones Y Conflictos*. Instituto de la Paz y los Conflictos de la Universidad de Granada, Granada

Johnston, R y De la Barra, T (2000): "Comprehensive regional modeling for long-range planning:linking integrated urban models and geographic information systems." *Transportation Research Part A*, vol 34, pp 125-136.

Jongman, R.H.G (1995): "Nature conservation planning in Europe:developing ecological networks". *Landscape and Urban Planning*, vol 32, pp 169-183.

Juliao R.T (1999): "Modelling Accesibility Using GIS". IV International Conference on GeoComputation, Fredericksburg. USA.

Kaloudis, S; Costopoulou, C.I; Lorentzos, N.A; Sideridis,A.B y Karteris M (2008): "Design of forest management planning DSS for wildfire risk reduction". *Ecological Informatics*, vol 3, pp 122-133 (available online).

Karafyllidis, I. and Thanailakis, A. (1997): "A model for predicting forest fire spreading using cellular automata". *Ecological Modeling*. Vol 99, pp 87-97

Kasanko, M; Barredo, J.I; Lavalle, C; McCormick, I; Demicheli, L; Sagris, V y Brezger, A (2006): "Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas". *Landscape and Urban Planning*, vol 77, pp 111-130

Keiner, M; Arley, K (2007): "Transnational city networks for sustainability". *European Planning Studies*. Vol 15, No. 10, pp. 1368 – 1395

Knaap, W (1997): *The Tourist'S Drives. Gis Oriented Methods For Analysing Tourist Recreation Complexes*. CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag.

Kong, F; Yin, H y Nakagoshi, N (2007): "Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China". *Landscape and Urban Planning*, vol 79, pp 240–252.

Lahdelma, R., Salminen, P. y Hokkanen, J. (2000): "Using multicriteria methods in environmental planning and management". *Environmental management*, vol26, 6, pp. 595-605

- Landrum, N.C (2004): *The State Park Movement In America: A Critical Review*. University of Missouri Press.
- Lausch, A. and Herzog, F. (1999): "Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability". *International INDEX99 Conference*, 11–16 July, 1999 St.-Petersburg, Russia
- Lee, D.B. (1973): "Requiem for Large-Scale Models". *Journal of the American Institute of Planners*, vol 39, pp 163-78
- Lee, D.B (1994): "Retrospective on Large-Scale Urban Models". *Journal of the American Planning Association*, Vol 60, Issue 1, pp 35-40.
- Li, H y Wu, J (2004): "Use and misuse of landscape indices". *Landscape Ecology*, vol 19, issue 4, pp 389-399.
- Li, X; Yang, Q y Liu, X (2008): "Discovering and evaluating urban signatures for simulating compact development using cellular automata". *Landscape and Urban Planning*, vol 86, pp 177 – 186.
- Longley, P y Batty M (1997): "Fractal Models of Urban Structure": En Besussi, E y Cecchini, A (Ed) *Artificial Worlds and Urban Studies*. Venezia, DAEST, pp 153-164.
- López de Lucio, R (2006): *Tres advocaciones de la crisis urbana a comienzos del s.XXI: "Tsunami Urbanizador", "Ciudad-Basura" y Arquitecturas de Prestigio.*". <http://paisajetransversal.blogspot.com/2008/01/tres-advocaciones-de-la-crisis-urbana.html> [Julio 2008]
- López, E; Bocco, G; Mendoza, M; Duhau, E (2001): "Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. A Case in Morelia City, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, vol 55, pp 271-285.
- Lowry, I. S., (1964), *Model of Metrópolis*. Rand Corporación, Santa Mónica, California
- Lösch, A. (1939): *Die räumliche orte in Süddentschland*, Jena,1939 (edición en castellano: "Teoría económica espacial". Ateneo, Buenos Aires. 1964).
- Luca, C (2007): "Generative platform for urban and regional design". *Automation in Construction*, vol 16, pp 70 – 77
- Ludeña, W (2006): "Ciudad y patrones de asentamiento. Estructura urbana y tipologización para el caso de Lima". *Revista EURE*, vol 32, No 95, pp. 37-59.
- Lynch, K. (1960): *The Image Of The City*. MIT Press, Cambridge.
- Mackaye, B (1921): "An Appalachian Trail. A project in Regional" Planning. *Journal of the American Institute of Architects*, vol 9. pp 325-330
- Malczewski, J (1999): GIS and multicriteria decisión analysis. New York. John Wiley & Sons.
- Marr, P y Sutton, C (2007): "Changes in accessibility in the Meseta Purépecha region of Michoacán, Mexico, 1940-2000". *Journal of Transport Geography*, vol 15, pp 465–475

- Mackiewicz, A. and W. Ratajczak (1996): "Towards a New Definition Of Topological Accessibility." *Transportation Research Part B*, Vol 30(1), pp 47 - 79
- Marull, J y Mallarach, J. M. (2002): "La conectividad ecológica en el Área metropolitana de Barcelona", *Ecosistemas*, vol 2. Mayo-Agosto 2002
- Marull, J y Mallarach, J.M (2005) : "A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan" Area. *Landscape and Urban Planning*, vol 71, pp 243-262.
- Marull, J y Mallarach, J.M (2006): "La conectividad ecológica en la planificación y la evaluación estratégica: aplicaciones en el área metropolitana de Barcelona". *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, vol 147, pp 41-60
- Matarán, A (2005): *La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de la costa de Granada*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Matarán y Aguilera (CTIG): "Determinación de conflictos ambientales para la planificación territorial mediante análisis espaciales simples". *XII: Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*,. ISBN 84-935057-0-6
- Matarán, F.; Aguilera F. and Valenzuela; L.M. (2006): "Exploring new landscapes: what are the main factors affecting greenhouse expansion process in the Mediterranean coast?" in Meyer, B.C. (Ed.), 2006. *Sustainable Land Use in Intensively Used Agricultural Regions*. pp.105-112. Landscape Europe. Alterra Report No. 1338, Wageningen. ISSN No. 1566-7197
- Mateucci, S. D. y Silva, M. (2005): "Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizado". *GeoFocus* , vol 5, pp. 180-202.
- McGarigal, K., and B. J. Marks (1995): *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for Quantifying Landscape Structure*. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351
- McGarigal, K., S.; Cushman, A.; Neel, M. C.; Ene, E. (2002): *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html [Julio 2008]
- McHarg, I (1967): *Design with Nature*. John Wiley. New York
- Mendes, J.F.G; Rodrigues, D.S y Ramos, R.A.R (2005): "A GIS-based multicriteria model for evaluation of territorial accessibility". *WIT Transaction on Ecology and the Environment*, vol 84, ISSN 1743-3541.
- Menor, J (2000): *La Vega de Granada: transformaciones agrarias recientes en un espacio periurbano*. Ed Universidad de Granada, Granada.
- Miller, S.N., Semmens, D.J., Goodrich, D.C., Hernandez, M., Miller, R.C., Kepner, W.G., Guertin, D.P. (2007): "The automated geospatial watershed assessment tool". *Environment Modelling Software*, vol 22 (3), pp 365- 377

Ministerio de Agricultura (1997): *Los Chopos en la Cuenca del Río Duero. Populicultura e inventario de las plantaciones administradas por la confederación Hidrográfica.*

Ministerio de Vivienda (1973): Plan de Ordenación Urbana de la Comarca de Granada

Ministerio de Vivienda (2006): *Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas en España 2004.*

Monclús, F J (1998):. *La Ciudad Dispersa.* Centre cultural contemporánea de Barcelona.

Molero, E, Grindlay, A.L y Asensio, J. J (2007):"Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio". *Geofocus*, vol 7, pp 120-147

Moreno, A (coord) (2006): *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS.* Ed Rama. Madrid

Morris, J. M., P. L. Dumble and M. R. Wigan (1979): "Accessibility indicators for transport planning." *Transportation Research Part A: General.* Vol 13(2) pp 91-109.

Mowrer, T; Barber,K; Campbell, J; Crookston, N; Dahms, C; Day, J; Laacke, J; Merzenich, J; Mighton, S; Rauscher,M; Reynolds, K; Sojda, R; Thompson, J; Trenchi,P y Twery, M (1997): *Decision Support Systems for Ecosystem Management: An Evaluation of Existing Systems. General Technical*"Report. RM-GTR-296. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Forest Service. U.S. Department of Agriculture.

Mrío arquitectos (2008): *Plan Especial río manzanares.* Ayuntamiento de Madrid.

Muñoz, J.D, (1996): "Autómatas celulares y Física Digital", *Memorias del Primer Congreso Colombiano de Neuro Computación. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Santa Fé. Bogotá ,D.C*

Naredo, J.M (1997): *Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el modo de paliarla. La construcción de la ciudad sostenible.* <http://habitat.aq.upm.es/cs/lista.html> [Julio 2008]

Naredo, J.M y Rueda, S (1997): La "ciudad sostenible": Resumen y Conclusiones. La construcción de la ciudad sostenible. <http://habitat.aq.upm.es/cs/lista.html> [Julio 2008]

Naveh, Z (1998): "The role of the Landscape Ecology in the Mediterranean". En Pinto-Correia, T y Cancela de Abreu, M (Editores) (1998): *Challenges for Mediterranean landscape ecology:the future of cultural landscapes-examples from the Alentejo Region.* Proceedings of the 1st National Workshop of Landscape Ecology. Montemor-o-Novo.

NCGIA (1990): *Core Curriculum.* Santa Bárbara, California.

Newman, P y Kenworthy, J (1999): *Sustainability And Cities: Overcoming Automobile Dependence.* Ed Island Press Books. Washington, D.C.

Nijkamp, P y Van den Bergh, J.C.J.M (1997): "New advances in economic modelling and evaluation of environmental issues". *European Journal of Operational Research*, vol 99, pp 180-196.

Nikolakaki, P (2004): "A GIS site-selection process for habitat creation: estimating connectivity of habitat patches". *Landscape and Urban Planning*, vol 68, pp 77-94.

Nuissl, H.; Rink, D. y Steuer, P. (2005): "The consequences of urban sprawl in a context of decline: The case of Leipzig". *UFZ-Discussion Papers, Department of Urban and Environmental Sociology*, 7/2005.

Ocaña , C (1974): *La Vega de Granada. Un estudio Geográfico*. Instituto de Geografía Aplicada del Patronato Alonso de Herrera, Madrid.

Oliva, F (2000): "Nuevos enfoques de la planificación urbana en Italia". *Urban*, vol, 04.

Oñate,E; Marcipar, J y Piazzese, J (2005): *Sistemas de ayuda a la decisión en ingeniería civil. Posibilidades y perspectivas*. Inédito.

OSE, (2006): *Informe de la Sostenibilidad en España 2006*.

O'Sullivan, D; Morrison, A. y Shearer, J (2000): "Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: an isochrone approach". *International Journal of Geographical Information Science*, vol 14, no 1, pp 85-104.

O'Sullivan, D y Torrens, P (2000): "Cellular Models of Urban Systems". *CASA Working Paper Series*, N 22.

Paegelow, M., Camacho, M. T. y Menor, J. (2003): "Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje", *GeoFocus*, vol 3, pp. 22-44.

Pallottino, S; Sechi, G. M y Zuddas P. (2005): "A DSS for water resources management under uncertainty by scenario analysis". *Environmental Modelling & Software*, vol 20, pp 1031–1042

Paolinelli, G (2003): *La frammentazione del paesaggio periurbano. Criteri progettuali per la riqualificazione della piana di Firenze*. Tesis Doctoral. Università degli studi di Firenze

Pardo, J.L. (2006): *Nunca fue tan Hermosa la Basura*. Conferencia en el ciclo Distorsiones Urbanas de Basurama06. La Casa Encendida. Madrid, 17 de Mayo.

Parker, D. C., Evans, T. P., Meretsky, V. (2001): "Measuring emergent properties of agent-based landuse/landcover models using spatial metrics". *Seventh annual conference of the international society for computational economics*.

Pavía, R (1996): "Contra el modelo de metrópolis universal". En Martín, A (2004): *Lo Urbano en 20 autores contemporáneos*. Ediciones UPC. Barcelona.

Pe'er, G; Heinz, S.K y Frank, K (2006): "Connectivity in heterogeneous landscapes: analyzing the effect of topography". *Landscape Ecology*, vol 21, pp 47-61

Pelizaro, C (2005): *A Spatial Decision Support System for the Provision and Monitoring of Urban Greenspaces*. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen (The Netherlands)

- Pérez, R (2007): *Nuevos Instrumentos en la planificación de paisajes agrourbanos: Aplicación a la Vega del Guadalfeo*. Suficiencia Investigadora. Programa de Doctorado en Urbanismo, Ordenación del Territorio y Planificación ambiental. Universidad de Granada.
- Poch, M; Comas, J; Rodríguez-Roda, I; Sánchez-Marré, M, y Cortés, U (2004): "Designing and building real environmental decision support systems". *Environmental Modelling & Software*, vol 19, pp 857–873
- Pontius, J. G y Schneider, L (2001): "Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachussets, USA". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol 85, pp 239–248
- Pontius, J. G y Pacheco, P (2004): "Calibration and validation of a model of forest disturbance in the Western Ghats, India 1920–1990". *GeoJournal*, vol 61, pp 325–334.
- Pontius, R.G and Batchu, K. (2003): "Using the Relative Operating Characteristic to Quantify Certainty in Prediction of Location of Land Cover Change in India". *Transactions in GIS*, 7(4). pp. 467–484
- Prato, T (2007): "Evaluating land use plans under uncertainty". *Land Use Policy*, vol 24, pp 165–174.
- Rao, M; Fan, G; Thomas ,J; Cherian, G; Chudiwale, V y Awawdeh, M (2007): "A web-based GIS Decision Support System for managing andplanning USDA's Conservation Reserve Program (CRP)". *Environmental Modelling & Software*, vol 22, pp 1270-1280
- Ravetz, J (2000): *City Region 2020: Integrated Planning For Sustainable Environment*. Earthscan Publications Ltd, Londres.
- Reif, B (1973): *Models In Urban And Regional Planning*. Leonard Hills Books.
- Riitters, K.H; O'Neill, R.V; Hunsaker, C.T; Wickham, J.D; Yankee, D.H; Timmins, S.P; Jones, K.B y Jackson, B.L (1995): "A factor analysis of landscape pattern and structure metrics". *Landscape Ecology*, Vol 10 no 1, pp 23-39.
- Rodríguez, F (1985): *Granada. Medio físico y desarrollo*. Universidad de Granada, Instituto de Desarrollo Regional.
- Rodríguez, M.J (2001): *Modelos sociodemográficos: atlas social de la ciudad de Alicante*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.
- Rueda, S. (1995): *Ecología Urbana: Barcelona I La Seva Regió Metropolitana Com A Referents*. Beta Editorial, Barcelona.
- Rueda, S (1997): *La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. La construcción de la ciudad sostenible*. <http://habitat.aq.upm.es/cs/lista.html> [Julio 2008]
- Rueda, S (1998): "Periurbanización y complejidad en los sistemas urbanos". En Monclús, J (Ed) *La Ciudad Dispersa. Suburbanización Y Periferias*. Centre de cultura contemporánea de Barcelona, Barcelona
- Salingaros, N. A (2005): *Principles Of Urban Structure*. Techne Press, Amsterdam.

- Santos, J.M. (1994): "La simulación informática y los modelos de difusión", *Estudios Geográficos*, Vol 55:217, pp 711-741
- Sastre, P; De Lucio J.V y Martínez, C (2002): "Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid". *Ecosistemas*, vol 2. Mayo-Agosto 2002.
- Secchi, B (1968): *Análisis De Las Estructuras Territoriales*. Barcelona. Ed Ariel.
- Senes, G y Toccolini, A (2004): "Sustainable land use planning and valorisation of the natural and cultural resources in the metropolitan area of Milan (Italy)". En Tress, G ; Tress, B; Harms, B; Smeets, P y Van der Valk, A (Editores) (2004): *Planning Metropolitan Landscapes: Concepts, Demands, Approaches*. Delta Series, 4, Wageningen.
- Silva, L. C y Barroso, I. M (2004): *Regresión Logística*. Cuadernos de Estadística 27. Ed La Muralla, S.A.
- Somma, D. J (2006): *Interrelated modeling of land use and habitat for the design of an ecological corridor. A case study in the Yungas, Argentina*. Tesis doctoral, Universidad de Wageningen (The Netherlands)
- Spence, N y Linneker, B (1994): "Evolution of the motorway network and changing levels of accessibility in Great Britain". *Journal of Transport Geography*, Vol 2, No.2, pp 247-264.
- Sprague, R. H (1980): "A framework for the Development of Decision Support Systems". *Management Information Systems*. Quarterly/December 7 980, pp 1-26.
- Straatman, B; White, R y Engelen, G (2004): "Towards an automatic calibration procedure for constrained cellular automata". *Computer, Enviroment and Urban Systems*, vol 28, pp 149-170.
- Sun, D; Dawson, R; Li, H; Wei, R y Li, B (2007): "A landscape connectivity index for assessing desertification:a case study of Minqin County, China". *Landscape Ecology*, vol 22, pp 531-543
- Talavera, R (2007): *Diseño de instrumentos SIG para la evaluación de la dinámica de paisajes agrarios periurbanos*. Proyecto Ambiental. Licenciatura en Ciencias ambientales. Universidad de Granada
- Tarragona Gómez, F (2003): *El efecto de la antropización en los sistemas naturales del área metropolitana de Granada : el gradiente rural-urbano*. Tesis doctoral. Universidad de Granada
- Terán, F (1996): *Historia Del Urbanismo En España*.Ed Cátedra, Madrid.
- Tishendorf, L. y Fharing, L. (2000): "How should we measure landscape connectivity?" *Landscape Ecology*, Vol. 15 No. 7, pp. 631-641.
- Tobler, W. R. (1970): "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region". *Economic Geography*, vol 46(2), pp 234-240.
- Tobler, W. R (1979): "Cellular Geography". In Olsson and Gale, editors, *Philosophy in Geography*, pp 379-386.
- Torrens, P y Alberti, M (2000): "Measuring Sprawl". *CASA Working Paper Series*, Nº 27

- Torrens, P M (2000): "How cellular models of urban systems work". *CASA Working Paper Series*, Nº 28
- Troll, C (1939): *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung*. Z. Ges. f. Erdkunde, Berlin
- Turner, M.G (2005): "Landscape Ecology: What is the state of the science?" *Annu.Rev Evol. Syst.* Vol 36, pp 319-344.
- Turner, G. M., Gardner, R.H. y O'Neill, R.V. (2001): *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process*. Springer-Verlag. EE.UU
- Valenzuela (2000): *Accesibilidad y forma urbana en ciudades medias*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Valenzuela, L.M y Matarán Ruíz, A (2008): "La elaboración del mapa de valores ambientales para la planificación territorial de la comarca litoral granadina". *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, vol 155, pp 93-108.
- Valenzuela, L.M.; Molero, E.; Aguilera, F (2007): "Los Sistemas de información Geográfica". En Martínez, G. y Pellicer, J (2007): *Organización Y Gestión De Proyectos Y Obras*. McGraw-Hill Interamericana.
- Valenzuela, L. M; Soria, J.A y Aguilera, F (2007): "Dinámicas y procesos en el área metropolitana de Granada". V Congreso Internacional de Ordenación del Territorio (CIOT) Málaga. Octubre 2007.
- Valenzuela, L.M, Matarán, A; Aguilera, F y Pérez R (2007) "Assessment of the incidence of landscape ecology in urban and spatial planning in Southern Europe: revision of Spanish and Italian case studies" Congreso Internacional de Ecología del paisaje (Wageningen).
- Valenzuela, L.M; Aguilera, F; Soria, J.A y Molero, E (2008): "Designing and assessing of development scenarios for metropolitan patterns". En Paegelow, M. y Camacho, M.T (eds.): *Modelling Environmental Dynamics*. Springer (forthcoming)
- Van der valk, A (2002): "The Dutch planning experience". *Landscape and Urban Planning*, vol 58, pp 201 – 210.
- Van Nes, A (2002): *Road Building and Urban Change: The effect of ring roads on the dispersal of shop and retail in Western towns and cities*. Tesis Doctoral. Universidad Agrícola de Noruega.
- Varela J., Arias, J. E., Cotos, J. M., Sordo, I. y Triñanes J. A. (2002): "Sistema de apoyo a la toma de decisión para el despliegue de medios aéreos de defensa contra incendios forestales", *GeoFocus*, vol 2, pp 78-97.
- Varela, F.A (2004): "Experiencias sobre los cálculos de accesibilidad mediante SIG". XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección. Murcia, Septiembre de 2004.
- Veldkamp, A y Lambin, E. F (2001): "Predicting land-use change" (editorial). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol 85, pp 1–6

- Verburg, P.H., Schot, P., Dijst, M., y Veldkamp, A. (2004): "Land use change modelling: current practice and research priorities". *Geojournal* 61(4), pp. 309-324.
- Verburg, P. H; Ritsema van Eck, J. R; Nijs, T. C. M, Djist, M.J y Schot, P (2004): "Determinants of land-use change patterns in the Netherlands". *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol 31, pp 125 – 150
- Viganó, P (2001): *Piano Territoriale Di Coordinamento Della Provincia Di Lecce: [territori Della Nuova Modernita]*. Electa Napoli.
- Vonk, G; Geertman, S y Schot, P (2007): "A SWOT analysis of planning support systems". *Environment and Planning A*, vol39, pp 1699 – 1714
- Vuilleumier, S y Prélaz-Droux, R (2002): "Map of Ecological networks for landscape planning". *Landscape and Urban Planning*, vol 58, pp 157-170
- Walmsley, A(2006): "Greenways: multiplying and diversifying in the 21st century". *Landscape and Urban Planning*, vol 76, pp 252–290
- Wegener, M. (1994): "Operational Urban Models: State of the Art". *Journal of the American Planning Association*, Vol 60, Issue 1, pp 35-40
- White, R (1996): "Artificial Worlds: Are they real? The view from cellular dynamics". En Besussi, E y Cecchini, A (Ed) *Artificial Worlds and Urban Studies*. Venezia, DAEST, pp 153-164.
- White, R. and Engelen, G (1993): "Cellular Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modelling Approach to the Evolution of Urban Land Use Patterns", *Environment and Planning A*, vol 25(8),pp 1175-1199.
- White, R; Engelen, G; Uljee, I (1997): "The use of constrained cellular automata for high resolution modelling of urban land use dynamics". *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol 24, pp. 323-343
- White, R; Engelen, G (1997): "Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling". *Environment and Planning B: Planning and Design*. 24, pp 235-246.
- White, R; Engelen G; (2000): "High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems". *Computers, Environment and Urban Systems*, 24, pp. 383-400.
- Wilson, E. F; Hurd, J.D; Civco, D. L; Prisloe, M y Arnold, C (2003): "Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth". *Remote Sensing of Environment*, vol 86, pp 275–285
- Wolfram, S (1984): "Cellular Automata as model of Complexity". *Nature*, vol 311, pp. 419-424.
- Wong, C (2006): *Indicators for Urban and Regional Planning. The interplay of policy and methods*. Ed Routledge, London.

Xie, F y Levinson, D (2007): "Measuring the structure of road networks". *Geographical analysis*, vol 39, pp 336-356.

Zhang, L; Wu, J; Zhena, Y; Shub, J (2004): "A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China". *Landscape and Urban Planning*, vol 69, pp 1-16.

Zhu, X y Liu, S (2004): "Analysis of the impact of the MRT system on accessibility in Singapore using an integrated GIS tool". *Journal of Transport Geography*, vol 12, pp 89–101.