

## 9. Elaboración de modelos de simulación normativos del crecimiento urbano actual.

Con esta etapa se completaría el desarrollo de esa especie de caja de simulación mediante la cual pretendemos poder ensayar de manera realista distintas estrategias de planificación de futuros desarrollos urbanos. A partir de este segundo enfoque basado en la utilización de modelos de tipo normativo, se pretende elaborar una propuesta futura de asignación de suelo urbano (residencial, comercial e industrial) apoyada en principios de sostenibilidad y equidad social y ambiental, a partir del uso combinado de técnicas de evaluación multicriterio (EMC) y SIG.

Dado que se disponía de los datos reales de ocupación del suelo, infraestructuras educativas, sanitarias, vías de comunicación, etc. para el año 1990 en las dos zonas de estudio, previamente a la simulación de escenarios futuros se realizó una investigación para comprobar las posibilidades de esta combinación de técnicas en la asignación de los usos más adecuados del suelo para una situación presente (en este caso el año 2000) partiendo de unos datos de un pasado más o menos cercano (1990). De esta forma podríamos determinar cuál habría sido la situación más apropiada de ocupación del suelo en una fecha determinada y comparar los resultados con lo que se había producido en la realidad.

Recopiladas hasta 15 variables para el año 1990, que intentaban abarcar las tres dimensiones del desarrollo sostenible (económicas, biofísicas y sociales), y determinados sus pesos (en la tabla 8 aparecen los pesos de los factores de la Comunidad a modo de ejemplo), fueron combinadas mediante una sumatoria lineal ponderada, obteniendo un mapa de adecuación para cada uno de los usos del suelo modelados (residencial, industrial y comercial). De estos tres mapas se obtuvieron las parcelas más adecuadas y que cumplieran con unos ciertos requisitos de superficie. Con estos tres mapas, se ejecutó un segundo método de evaluación multicriterio de programación por metas (MOLA), diseñado para resolver asignaciones multi-objetivo, de tal forma que obtuviésemos un mapa final en el que a cada parte del territorio se le asignase el uso más adecuado de los tres, en función de su adecuación individual para cada uno de ellos. Así, fue posible realizar un análisis pormenorizado de la situación del año 2000, respecto de la que hubiera sido la más adecuada desde el punto de vista de la capacidad de acogida o vocación del territorio para albergar esa actividad.

Factores	1). Pesos modelo normativo usos urbanos óptimos del año 2000		
	Residencial	Comercial	Industrial
1. Usos del suelo (CLC1990)	0.14	0.15	0.21
2. Lejanía a hidrografía	0.07	0.06	0.10
3. Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos	0.03	0.02	0.04
4. Lejanía a espacios naturales	0.05	0.04	0.08
5. Protección de suelos de mayor productividad	0.07	0.06	0.10
1. Pendiente	0.02	0.02	0.02
2. Accesibilidad a carreteras	0.12	0.10	0.11
3. Accesibilidad a zonas urbana	0.16	0.25	0.08
4. Accesibilidad a comercios	0.09	0.11	----
5. Accesibilidad a industrias	----	----	0.05
6. Geotecnia	0.06	0.05	0.05
1. Lejanía a instalaciones no deseables	0.02	0.06	0.10
2. Accesibilidad a hospitales	0.10	0.05	0.06
3. Distancia (ponderada) población	----	----	----
4. Cuencas Visuales	0.02	0.02	----
5. Orientación del terreno	0.05	0.01	----
<b>Suma =</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

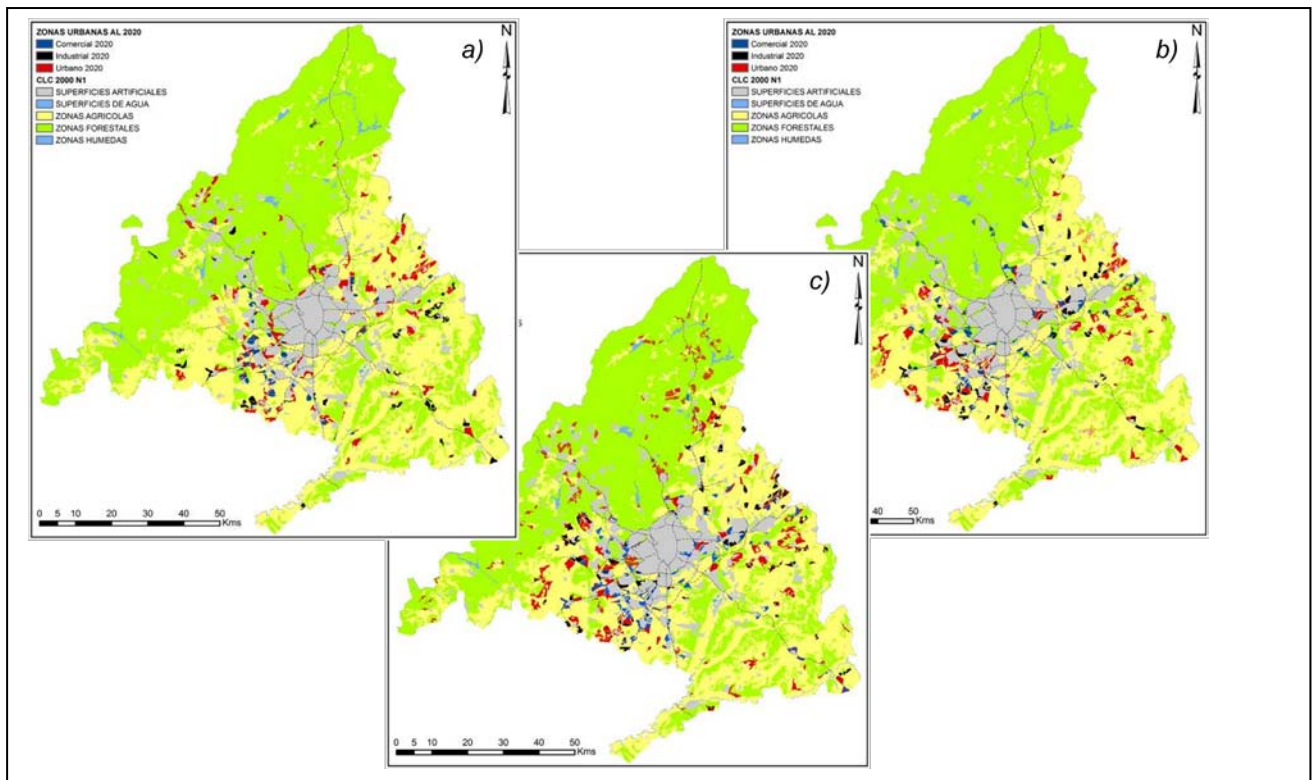
**Tabla 8. Factores incluidos en el modelo de asignación óptima de suelo urbano, comercial e industrial en la Comunidad de Madrid y su ponderación**

De manera resumida podemos decir que, en general, se han obtenido propuestas de ocupación urbana del territorio más sostenibles y compactas, situándolas cerca de los municipios de tamaño medio e intermedio, protegiendo los espacios de mayor productividad agraria, situando las zonas comerciales a distancias considerables entre ellas, pero cerca de las nuevas zonas urbanas con mayor porcentaje de población con poder adquisitivo, o situando las nuevas zonas industriales alejadas de los lugares con mayor densidad de población vulnerable.

Partiendo de los mismos factores, pero actualizados al año 2000, se establecieron finalmente los tres escenarios contemplados en el proyecto de simulación de crecimiento urbano (de tendencia, de crisis y de innovación y sostenibilidad) en la Comunidad de Madrid para el año 2020 (quedando pendiente todavía la elaboración de los mismos para el área metropolitana de Granada). La combinación y utilización de los factores se estableció de manera diferente para cada escenario con el objetivo de intentar reproducir lo más adecuadamente posible la lógica de cada uno de ellos.

En la figura 4 se muestran los resultados de los tres escenarios para los tres usos simulados (residencial, comercial e industrial). En primer lugar, podemos concluir que los modelos normativos basados en el uso combinado de los SIG y las técnicas de evaluación multicriterio pueden ser de gran utilidad también a la hora de realizar simulaciones prospectivas. Esta metodología no es habitualmente empleada para este tipo de ensayos y con el presente trabajo se ha demostrado que, no sólo nos permite obtener una posible situación territorial futura, sino que también nos permite poder elaborar distintas imágenes de ese futuro a partir del tratamiento adecuado de los factores de entrada, que a diferencia de otros modelos de tipo predictivo, permiten integrar variables de tipo económico, social y ambiental y tener en cuenta, así, las tres dimensiones fundamentales del desarrollo sostenible.

Toda esta información puede servir de base para iniciar un debate sobre las disparidades, desequilibrios o beneficios que pueden ocasionarse al territorio madrileño si se asumen o no las hipótesis evolutivas de diferentes escenarios de futuro. En este caso, pueden proporcionar información importante sobre los potenciales impactos que puede ocasionar la continuación de las actuales políticas de planificación, una situación de recesión económica y/o alternativas de desarrollo más sostenibles.



**Figura 4. Resultados de los tres escenarios de simulación de crecimiento urbano para la Comunidad de Madrid en el año 2020. A) Escenario tendencial; b) Escenario de crisis y c) Escenario de innovación y sostenibilidad.**

Mediante un primer análisis visual se puede confirmar que los patrones espaciales de los usos de suelo propuestos para el año 2020 se corresponden con las hipótesis asumidas en los escenarios. Si observamos la figura 4a comprobaremos que el crecimiento de las zonas residenciales en el escenario tendencial se da de forma dispersa sobre todo el territorio, consumiendo, principalmente, tierras aptas para las actividades agrícola y ganadera; generando nuevas necesidades de vías de comunicación y con ello un aumento en el uso de transporte privado, ocasionando, por otro lado, una mayor fragmentación del paisaje y un aumento de la contaminación ambiental. Si comparamos estos resultados con los del escenario de crisis mostrado en la figura 4b, observamos en este último una distribución espacial de las zonas residenciales menos dispersa, concentrada principalmente en el área metropolitana de Madrid. Al mismo tiempo, las zonas productivas se asignan básicamente en torno a las carreteras principales, tanto al noreste como al suroeste de Madrid. Dicha distribución supondría un intento de reequilibrar la situación de la zona, cuyas diferencias socioeconómicas con otras partes de la región se subsanarían a través de urbanizaciones y centros productivos en sitios de alta accesibilidad, y en terrenos agrícolas abandonados. En la figura 4c observamos la imagen de ocupación resultante en un contexto de innovación y sostenibilidad. El patrón arrojado es el de una imagen compacta, con crecimiento de las nuevas zonas residenciales adyacente a los núcleos urbanos de tamaño medio e intermedio, principalmente, y con una utilización eficiente del territorio desde el punto de vista social, económico y ambiental, respondiendo, por tanto, a políticas de planificación territorial sostenible.

También se ha realizado una primera evaluación cuantitativa del impacto de los resultados de cada escenario, comprobando, por ejemplo, qué tipo y qué cantidad de usos han sido engullidos por cada desarrollo urbano simulado. Por otro lado se ha realizado un análisis de la distribución del mismo a partir de su localización respecto al "centro de negocios" (Madrid) o la distancia a los núcleos de tamaño medio e intermedio preexistentes. Para no alargar demasiado el presente informe, presentamos una interpretación esquemática de los resultados de cada uno de los escenarios de futuro simulados.

Puntos	Causas	Escenarios
--------	--------	------------

<i>de vista</i>		<i>Tendencia</i>	<i>Crisis</i>	<i>Innovación y sostenibilidad</i>
<b>Ambiental</b>	<b>Crecimiento urbano disperso</b>	<b>+++</b>	<b>--</b>	<b>--</b>
	<b>Consumo de suelo y fragmentación del paisaje</b>	<b>++</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>Presión sobre las áreas naturales</b>	<b>++</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
	<b>Contaminación urbana</b>	<b>++</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>Sellado y contaminación del suelo</b>	<b>++</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
<b>Económico</b>	<b>Crecimiento demográfico</b>	<b>=</b>	<b>=</b>	<b>=</b>
	<b>Crecimiento económico</b>	<b>++</b>	<b>--</b>	<b>+++</b>
	<b>Uso de nuevas tecnologías</b>	<b>--</b>	<b>-</b>	<b>++</b>
<b>Social</b>	<b>Calidad de vida</b>	<b>---</b>	<b>-</b>	<b>++</b>
	<b>Conservación de las zonas rurales</b>	<b>---</b>	<b>+</b>	<b>+++</b>
	<b>Accesibilidad a servicios</b>	<b>---</b>	<b>+</b>	<b>+++</b>

**Tabla 9. Aproximación a los impactos derivados del crecimiento urbano simulado en cada uno de los escenarios**

Es posible encontrar más información en:

Plata Rocha, W.; Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010): "Desarrollo de modelos de crecimiento urbano óptimo para la Comunidad de Madrid aplicando Métodos de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica"; *GeoFocus (Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, Vol.10, pp. 103-134.