

# Indicadores urbanos y sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo

Teresa FRANCHINI & Adriana DAL CIN

Dr. Arquitectas

**RESUMEN:** Este artículo analiza el método empleado para evaluar las condiciones del consumo de suelo de las áreas metropolitanas y definir un umbral de consumo sostenible de suelo. La investigación, centrada en el Área Metropolitana de Madrid, utiliza indicadores espaciales, sociales, económicos y ambientales que valoran la sostenibilidad en la escala municipal y, por agregación, en los distintos sectores que componen la corona metropolitana. El método empleado combina el análisis de carácter estadístico con esquemas gráficos de fácil lectura que permiten reconocer tanto las situaciones sostenibles y las insostenibles como la magnitud de los esfuerzos que deberían asumirse en el corto, medio y largo plazo para mejorar la situación. Los diagnósticos resultantes permiten elaborar recomendaciones sintéticas dirigidas a apoyar o a desalentar posibles escenarios tendenciales aportando sugerencias para futuros escenarios sostenibles.

**Descriptor:** Sostenibilidad territorial. Indicadores. Consumo de suelo. Áreas metropolitanas.

## I. INTRODUCCIÓN

La década de los noventa ha estado centrada en la búsqueda de ciudades sostenibles, afrontando el reto de entender cómo trabajan los componentes biofísicos y socioeconómicos en el interior de los sistemas urbanos y cómo interactúan con el entorno, teniendo en cuenta, además, que deben asegurar la satisfacción de las demandas de las generaciones futuras. A pesar de los importantes progresos realizados, poco se conoce aún sobre las

condiciones de tamaño, forma y distribución espacial de las actividades para permitir un eficiente consumo de recursos, la minimización de los impactos ambientales o el incremento de las condiciones ambientales. A diferencia de la unánime aceptación de lograr un desarrollo urbano sostenible, las propuestas para sobrepasar los problemas asociados al actual modelo urbano —ciudades dispersas, con tejidos centrales deteriorados, gran consumo de suelo derivados de la suburbanización e importantes deseconomías de escala— continúan generando controversias. Lograr ciudades compactas, con altas densidades y

usos mixtos, eficientes para el ahorro de energía y buena calidad de vida demandan no sólo la reversión de tendencias y modelos socialmente consolidados, sino lo que es más difícil aún: la definición de los límites de la sostenibilidad.

La búsqueda de valores que permitan reconocer las condiciones de sostenibilidad de un territorio, traducidos en indicadores, ha definido un área de especial interés para la investigación urbanística. El uso de indicadores es una técnica corrientemente utilizada desde los años 30 para la evaluación de determinados contextos económicos y sociales. Sin embargo es en los 90 cuando se hacen imprescindibles para valorar las condiciones de la sostenibilidad. Dentro del amplio panorama de indicadores utilizados con este fin, los que registran las modalidades de expansión de las ciudades han sido mínimamente abordados. Esta circunstancia alentó el trabajo cuyo contenido se desarrolla a continuación. Está centrado en el consumo de suelo en las áreas metropolitanas y en la búsqueda de un índice específico que, conjuntamente con otros indicadores de carácter social, económico y ambiental, permitiera obtener una perspectiva general sobre las condiciones de sostenibilidad existentes en estos territorios urbanos.

## 2. INDICADORES URBANOS Y SOSTENIBILIDAD

### 2.1. De la dimensión ambiental al desarrollo sostenible

Los años 70 inauguraron una nueva etapa para el uso de los indicadores. En 1972 el énfasis en los aspectos ambientales promovidos por la Declaración del Medio Ambiente de las Naciones Unidas impulsó los relacionados con variables de carácter físico, químico y biológico. En 1974 la OCDE comenzó a evaluar la calidad de vida en las ciudades a través de indicadores específicamente urbanos, integrados en un conjunto coherente que permite registrar las condiciones ambientales de las ciudades según cuatro temas: vivienda; servicios y empleo; medio ambiente y entorno social y cultural. A finales de los 80, la propuesta de

buscar un nuevo modelo de desarrollo centrado en la sostenibilidad contenida en el Informe Brundtland se transformará en el principio rector de la Cumbre de Río de Janeiro de 1992. Su traducción a la Agenda 21 de Desarrollo Local inauguró un nuevo camino en la búsqueda de indicadores que permitieran definir las coordenadas del nuevo paradigma, lo que impulsó la revisión de los empleados hasta ese momento, esfuerzo llevado adelante por las principales agencias internacionales (ONU, OCDE, FAO, UNCHS, OMS, Banco Mundial, Comisión Europea para el Ambiente, World Resource Institute, Earth Council), numerosas instituciones nacionales y varias comunidades locales.

### 2.2. Los indicadores de la sostenibilidad: criterios conceptuales e instrumentales

La sostenibilidad describe un estado deseado, un patrón de calidad de vida logrado a través de un proceso —el desarrollo sostenible— que llevaría a alcanzar, *conjuntamente*, los tres principios que alientan al nuevo modelo: el *bienestar social*, la *eficiencia económica* y la *sostenibilidad ecológica*. Medir las circunstancias que surgen de las complejas relaciones promovidas por la intersección de estos principios conlleva la búsqueda de indicadores que respondan a los siguientes criterios conceptuales.

El principio de bienestar social se refiere a las *condiciones de vida* de la población y a la *equidad social* como objetivo final y básico. Por lo tanto los indicadores seleccionados deberían captar las condiciones individuales y colectivas (diversidad, representación, libertad, acceso a la toma de decisiones); las condiciones del acceso y control sobre los recursos ambientales (agua, suelo, energía) y las condiciones dentro de la sociedad (empleo, ingresos, niveles de educación, salud). Por su parte, el principio de eficiencia económica se refiere a las *condiciones del capital natural existente*, teniendo en cuenta las relaciones entre los sistemas económicos y los ecológicos. En consecuencia, los indicadores deberían medir el crecimiento económico, la calidad de vida y la calidad del ambiente. Por último, el principio de sostenibilidad

ecológica se refiere a la *presión que el proceso de desarrollo socioeconómico impone al ambiente*, por consiguiente, los indicadores deberían reconocer las condiciones de riesgo e incertidumbre que conllevan las decisiones que dirigen el desarrollo espacial de las diversas actividades humanas.

Por otro lado, teniendo en cuenta que las condiciones sociales, económicas y ambientales impactan de diferente manera en la población, los indicadores deberían ser capaces de captar aspectos *distributivos* acerca de *quiénes* son (grupos socioeconómicos: género, etnia, edad, clase, educación), *dónde* se registran (ámbitos geográficos: internacional, nacional, provincial, regional, urbano, barrios), actividades sectoriales: residencial, industrial, comercial, equipamientos) y *cuándo* se producen (tiempo de impactos). Deberían, además, posibilitar la captación de *condiciones subjetivas* o sea, evaluar las preferencias de la población sobre el entorno, la preocupación ambiental local y global o la capacidad para afrontar cambios de actitud.

Desde el punto de vista instrumental, los indicadores deben poseer un *carácter holístico*, tener capacidad *distributiva* para responder al quién, cómo y cuándo, reflejar las relaciones *causa-efecto* entre los tres sistemas para detectar anulaciones o sinergias, poseer *aplicaciones prospectivas* para describir condiciones pasadas, presentes, tendencias y posibles escenarios; revelar *variaciones* con relación a umbrales críticos, restricciones, niveles óptimos o efectos desconocidos, además de ser capaces de evaluar el resultado de la *gestión* para mejorar, cambiar o favorecer las prácticas sociales, económicas y ambientales.

### 2.3. Los niveles de contrastación

Los indicadores seleccionados para medir la sostenibilidad se contrastan con dos tipos de parámetros de referencia: los *umbrales* y las *metas*. Los umbrales son niveles que se definen para no ser excedidos, están científicamente determinados y pueden llegar a poseer un status regulatorio (cantidad de metales en el agua, niveles de contaminación

acústica, densidades de viviendas). Las *metas* definen niveles que deben conseguirse en el futuro (reducción de los contaminantes en la atmósfera, incremento de espacios verdes, disminución del paro, reducción del uso del automóvil, aumento del reciclaje). La fijación de ambos parámetros de referencia permite detectar las desviaciones (positivas o negativas) de los indicadores correspondientes a distintos sectores de la realidad y marcar posibles direcciones de cambio en escenarios futuros, ya sean tendenciales o de nueva configuración.

### 2.4. Entre la teoría y la práctica

La aplicación de los postulados de la sostenibilidad a la realidad ha provocado la emergencia de numerosas cuestiones. Destacan en primer lugar los problemas derivados de la *integración* de los tres sistemas, poseedores de componentes, funcionamientos, desarrollos y estabildades diferentes y que interactúan siguiendo metas distintas y en algunos casos, antagónicas. Otros se refieren a las *dimensiones*, sean *espaciales* —dificultades para definir los límites espaciales del sistema dado que todas las escalas están interrelacionadas— o *temporales* —la evolución de los sistemas puede seguir procesos con tendencias contradictorias y en plazos diferentes. También se discute acerca de la *calidad del sistema*, en tanto que no se tiene una definición unánimemente aceptada sobre su contenido. Este punto es crucial, ya que, siendo la sostenibilidad una *actitud social, cultural y de conducta*, su visión está sujeta a la *cultura de una comunidad* y a *cambios permanentes* según sean las circunstancias propias de cada grupo social, lo que lleva a concluir que *no se trata de un proceso único ni de un modelo estático*.

Estas dificultades se traducen en los numerosos enfoques diseñados para evaluar la sostenibilidad, centrados en perspectivas sectoriales que, aunque limitadas, permitan la lectura más amplia posible. Todos ellos, desde las auditorías ambientales hasta la evaluación de la huella ecológica hasta la definición del perfil universal de las necesidades básicas —para citar sólo algunos— buscan detectar las variables que

mejor describen al sistema bajo análisis y, con ello, establecer interrelaciones, definir criterios y objetivos mensurables, producir información sobre las condiciones actuales y diseñar acciones alternativas. En este proceso, los indicadores también han demostrado sus limitaciones, ya que no existe unanimidad en cuanto a los métodos de cálculo, los estándares empleados, las técnicas de agregación utilizadas para detectar índices complejos, la capacidad de la información estadística para reflejar aspectos cualitativos y, en especial, en relación con la interpretación de los resultados, factibles de evaluaciones sesgadas. La búsqueda de indicadores capaces de dar una visión coherente de la sostenibilidad es aún un tema en desarrollo.

### 3. EL CONSUMO DE SUELO URBANO COMO REFERENTE DE LA SOSTENIBILIDAD

Según el Comité de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas es perentoria la búsqueda de indicadores que permitan medir las condiciones de sostenibilidad urbana, tanto de elementos individuales de la ciudad como y en especial, de los *resultados del desarrollo urbano*, por lo que sugiere el diseño de sistemas de supervisión de los efectos de las políticas urbanas sobre el territorio. Esta visión, junto a las recomendaciones de la Unión Europea que sugieren una especial atención a cinco áreas específicas para la adecuación de las políticas urbanas —flujos (agua, energía y residuos); sistemas de transporte; recursos naturales y estructuras verdes; infraestructuras técnicas y usos del suelo, forma urbana y densidad— estimularon el interés por el estudio sobre un tema escasamente desarrollado: el consumo de suelo como el referente último de la ocupación humana sobre el territorio.

¿Es posible detectar un *umbral específico* que permita contrastar la situación urbana, avanzando simultáneamente sobre las tres dimensiones de la sostenibilidad? Con este objetivo básico se inició la investigación que se desarrolla a continuación, estructurada sobre los siguientes objetivos asociados:

- analizar la ocupación de las ciudades a través de la aplicación de un indicador básico —el *consumo de suelo*— en un área metropolitana piloto, seleccionando como estudio de caso el Área Metropolitana de Madrid (AMM).
- relacionar este índice en una *matriz de resultados* que capture la compleja geografía del consumo de suelo del AMM.
- definir las *características* que asume el consumo de suelo en el AMM en relación a la sostenibilidad, detectando aquellas ciudades que se encuentran por debajo o por encima de los valores de referencia asumidos por la investigación.
- detectar *tendencias* para sugerir políticas futuras de corrección, mantenimiento o mejora de la situación.

#### 3.1. La investigación: metodología y resultados

##### 3.1.1. Selección de los indicadores

El proceso metodológico (FIGURA 1) se inicia con la identificación del conjunto de indicadores, correspondientes a los 28 municipios metropolitanos (excluido el capitalino) agrupados en las 4 zonas funcionales (FIGURA 2). La existencia de datos comparables a escala municipal permitió analizar dos momentos: el *actual* (1997, última información disponible) y el *anterior* (1992, año de inicio del actual sistema de recolección de datos). La información procede mayoritariamente de los Anuarios Estadísticos de la Comunidad de Madrid, aunque la existencia de algunas irregularidades procedentes de las fuentes —falta de actualización, ausencia de datos comparables, series periódicas incompletas, datos distintos sobre un mismo tema según diferentes fuentes, contradicciones en las mismas fuentes— obligó a asumir criterios de ajuste en algunos casos.

##### 3.1.2. Definición de los niveles de contrastación

Previo a la valoración se definieron dos niveles de contrastación: los umbrales y las

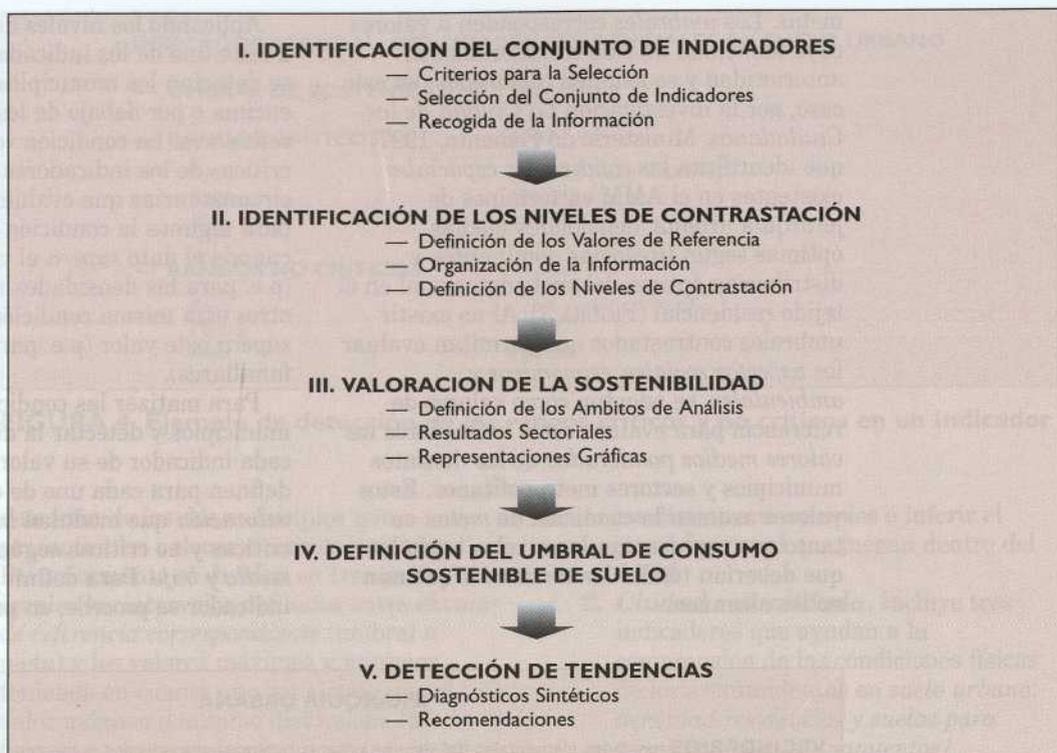


FIGURA 1. Esquema metodológico

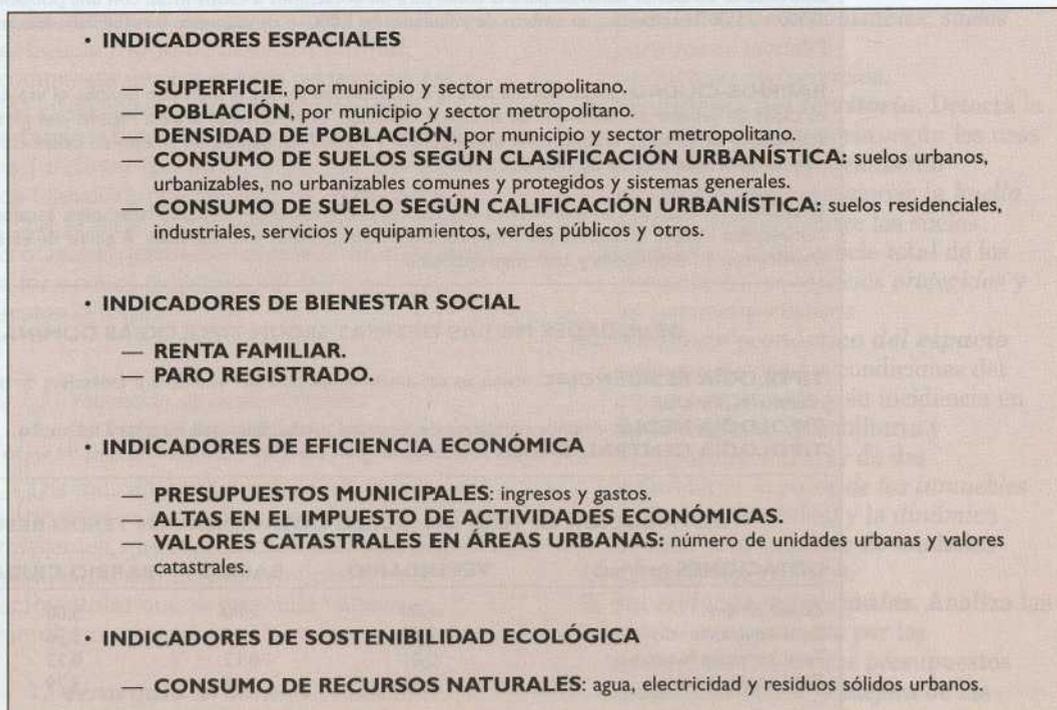


FIGURA 2. Indicadores seleccionados

metas. Los *umbrales* corresponden a valores cuya idoneidad ha sido corroborada con anterioridad y se asumen como tales (en este caso, por la investigación *La Ciudad de los Ciudadanos*, Ministerio de Fomento, 1997) que identifican las *condiciones espaciales* existentes en el AMM en términos de jerarquía urbana, densidades medias óptimas según tipologías dominantes y distribución óptima del suelo dotacional en el tejido residencial (FIGURA 3). Al no existir umbrales contrastados que permitan evaluar los *aspectos sociales, económicos y ambientales*, se adoptan como valores de referencia para evaluar estos indicadores los *valores medios ponderados* de los distintos municipios y sectores metropolitanos. Estos valores asumen la condición de *metas* en tanto que representan los niveles hacia los que deberían tender los territorios que aún no los alcanzan.

Aplicando los niveles de contrastación a cada uno de los indicadores seleccionados se detectan los municipios ubicados por encima o por debajo de los valores de referencia. La condición «crítica» o «no crítica» de los indicadores depende de las circunstancias que evalúen, ya que mientras para algunos la condición *crítica* emerge cuando el dato *supera* el valor de referencia (p.e. para las densidades residenciales), para otros esta misma condición surge cuando *no supera* este valor (p.e. para las rentas familiares).

Para matizar las condiciones de los 28 municipios y detectar la distancia que separa cada indicador de su valor de referencia, se definen para cada uno de ellos seis *rangos de valoración* que modulan las situaciones críticas y no críticas según tres niveles: *alto, medio y bajo*. Para definir los rangos de cada indicador se procede, en primer lugar, a la

#### JERARQUÍA URBANA

**VECINDARIOS:** unidades elementales del sistema urbano, mínimas para permitir la existencia de dotaciones, con una población *menor a los 2.000* habitantes, circunscripta en un área de 400 m de diámetro y con distancias que no superan los 5 minutos de desplazamiento a pie.

**BARRIOS:** escalones mínimos para la cobertura de dotaciones a escala local, con una población que oscila *entre 5.000 y 15.000* habitantes, un ámbito de influencia de 1.000 m de diámetro y recorridos máximos de 15 minutos a pie.

**BARRIOS-CIUDAD:** escala óptima para la sostenibilidad ya que el individuo percibe el espacio como una unidad y es capaz de generar sentimientos de arraigo e identidad. La agrupación urbana mínima que garantiza servicios y actividades de carácter urbano tiene *entre 20.000 y 50.000* habitantes, un ámbito de influencia de 2 km. de diámetro y recorridos máximos de 30 minutos a pie.

**CIUDADES:** núcleos con poblaciones que oscilan *entre 100.000 y 200.000* habitantes, escalones de máxima complejidad aunque accesibles con mínimos costes emocionales y ambientales. A partir de este límite las ciudades se transforman en metrópolis y área metropolitana.

#### DENSIDADES MEDIAS OPTIMAS SEGUN TIPOLOGÍAS DOMINANTES

**TIPOLOGÍA RESIDENCIAL:** viviendas unifamiliares de carácter intensivo o colectivas de baja densidad, densidad máxima 46,9 viv./ha.

**TIPOLOGÍA MEDIA:** vivienda colectivas de densidad media, densidad máxima 71,4 viv./ha.

**TIPOLOGÍA CENTRAL:** viviendas colectivas de gran capacidad, densidad máxima 94 viv./ha.

#### DISTRIBUCION OPTIMA DEL SUELO DOTACIONAL EN TEJIDO RESIDENCIAL

DOTACIONES (m <sup>2</sup> /hab)	VECINDARIO	BARRIO	BARRIO-CIUDAD	CIUDAD
Zonas verdes	1,00	2,00	5,00	5,00
Total equipamientos	2,52	1,95	3,56	3,86
Total servicios básicos	0,01	0,12	0,23	3,10
Total equip. + serv.	2,53	2,07	3,79	6,96

FIGURA 3. Umbrales para los Indicadores Espaciales

• INDICADOR ESPACIAL: DENSIDADES RESIDENCIALES EN SUELO URBANO

— UMBRAL DE SOSTENIBILIDAD: 100 viv/ha	
— RANGOS CRÍTICOS	
Alto:	141-164 (valor máximo)
Medio:	120-142
Bajo:	100-121
— RANGOS NO CRÍTICOS	
Bajo:	36-6 (valor mínimo)
Medio:	8-37
Alto:	100-69

FIGURA 4. Ejemplo de detección de los rangos críticos y no críticos en un Indicador

detección de los dos municipios que presentan los valores *máximos* y *mínimos*. Posteriormente se dividen en tres partes iguales los intervalos definidos entre el *valor de referencia correspondiente* (umbral o meta) y los valores máximos y mínimos, teniendo en cuenta que, en el caso que el valor máximo o mínimo distorsione la frecuencia generando rangos vacíos, se opta por el segundo valor máximo o mínimo. El ejemplo presentado en la FIGURA 4 ilustra la detección de los rangos.

La detección de estos rangos permite definir la *franja de la sostenibilidad*, compuesta por los rangos pertenecientes a las situaciones *críticas* y *no críticas mínimas*. Esta franja permite detectar las «situaciones frontera», o sea, las factibles de transformarse en críticas en el corto plazo si no se actúa sobre ellas y las que, con escasos esfuerzos podrían incorporarse a los niveles considerados óptimos para la sostenibilidad.

### 3.1.3. Valoración de la sostenibilidad: los ámbitos de análisis

Los indicadores seleccionados fueron agregados en nueve ámbitos de análisis diferentes, que representan las condiciones espaciales, sociales, económicas y ambientales que se pretende valorar simultáneamente:

1. **Jerarquía urbana.** El indicador *población* permite reconocer las características generales que asumen

los distintos municipios e inferir el papel funcional que juegan dentro del AMM

2. **Ciudad consolidada.** Incluye tres indicadores que ayudan a la comprensión de las condiciones físicas de los asentamientos en *suelo urbano: densidad residencial y suelos para zonas verdes y equipamientos/ servicios*.
3. **Ciudad futura.** Recoge las previsiones que el planeamiento define para los *suelos urbanizables: suelos para zonas verdes y equipamientos/ servicios*.
4. **Ocupación del territorio.** Detecta la ocupación del territorio según los usos previstos por el planeamiento utilizando tres indicadores: la *huella urbana* (relación entre los suelos ocupados y la superficie total de los municipios), los *espacios protegidos* y los *territorios rústicos*.
5. **Atractivo económico del espacio urbano.** Revisa las condiciones del espacio construido y su incidencia en las actividades inmobiliaria y constructora a través de dos indicadores: el *valor de los inmuebles* (valores catastrales) y la *dinámica inmobiliaria* (número de unidades urbanas construidas).
6. **Inversiones municipales.** Analiza las *inversiones previstas* por los ayuntamientos en sus presupuestos municipales para la mejora de las condiciones de vida de sus comunidades.

**7. Dinámica económica y especialización funcional de los municipios.** Detecta el atractivo de los asentamientos para la localización de empresas mediante el número de altas en el impuesto de las actividades económicas (IAE).

**8. Condiciones económicas de las familias.** Incluye dos líneas de análisis: la renta familiar per cápita y el paro registrado.

**9. Ciudad y recursos naturales.** Detecta los efectos de la actividad humana sobre el ambiente analizando la producción de residuos sólidos urbanos y el consumo de recursos: agua, energía y suelo. El indicador del consumo de suelo corresponde a la suma de los suelos comprometidos para la urbanización: suelos urbanos, urbanizables y sistemas generales.

### 3.1.4. Resultados sectoriales y representaciones gráficas

El contraste de los indicadores incluidos en los 9 ámbitos de análisis con sus correspondientes umbrales y metas permite detectar las situaciones críticas y no críticas y establecer los correspondientes rangos jerárquicos. El resultado es un prolijo análisis numérico que culmina en Diagnósticos Sectoriales que comparan la situación de los distintos indicadores en cada uno de los municipios y sectores metropolitanos y, por agregación, la situación de la totalidad metropolitana. Para facilitar la comprensión de los resultados de este

análisis numérico, de difícil lectura, se utilizan las *Matrices Iconográficas*, que representan las condiciones de la sostenibilidad de cada indicador en los distintos municipios y zonas metropolitanas.

Estas matrices de doble entrada registran los valores que asumen los distintos indicadores por municipios y sectores metropolitanos, pertenecientes a los 9 ámbitos de análisis, traducidos a *signos y colores de uso convencional* que representan las distintas circunstancias posibles (FIGURA 5). Este lenguaje gráfico permite representar el estado de cada indicador en las denominadas *Matrices Iconográficas Sectoriales* y, por agregación, el estado general de la sostenibilidad en el territorio metropolitano en una matriz síntesis: la *Matriz Iconográfica Comprehensiva* (FIGURA 6). En esta matriz síntesis se detectan las zonas «verdes» y «rojas» correspondientes a los territorios con menor o mayor conflictividad dentro del AMM. Por tanto, *identifican* los municipios y sectores metropolitanos que se encuentra sobre/bajo los niveles de sostenibilidad, con sus respectivos rangos de criticidad y *caracterizan el estado de la sostenibilidad* de cada municipio y sector metropolitano, detectando los sectores de la realidad espacial, social, económica y ambiental afectados por condiciones no sostenibles.

### 3.1.5. Definición del umbral de consumo sostenible de suelo

El cometido de la Matriz Iconográfica Comprehensiva es, además de caracterizar la

ESTADO DE LA SOSTENIBILIDAD		
— SITUACION NO CRÍTICA:	color verde y signo positivo	(+)
— SITUACION CRÍTICA:	color rojo y signo negativo	(-)
RANGOS DE LAS SITUACIONES DE SOSTENIBILIDAD		
— NO CRÍTICO ALTO:	verde oscuro, flecha arriba	↑
— NO CRÍTICO MEDIO:	verde medio, flecha diagonal ↗	↗
— NO CRÍTICO BAJO:	verde claro, flecha abajo	↓
— CRÍTICO BAJO:	rojo claro, flecha abajo	↓
— CRÍTICO MEDIO:	rojo medio, flecha diagonal ↗	↗
— CRÍTICO ALTO:	rojo oscuro, flecha arriba	↑

FIGURA 5. Simbología de las matrices iconográficas

FIGURA 6. Matriz iconográfica comprensiva

JERARQUIA URBANA	Densidad Residencial Suelo Urbano	Zonas Verdes Suelo Urbano	Equip.serv. Suelo Urbano	Zonas Verdes Suelo Urbanizable	Equip.serv. Suelo Urbanizable	% Ocupación urbana	% Suelos Protegidos	% Suelos No Urbanizables	% Incremento Unidades Urbanas	Valor Medio Unidad Urbana	Gastos por habitante	% Incremento IEA	Pareo registrado	Renta per cápita	Agua	Energía	R. S. U.	m2/hab
<b>Vicinosarios</b>																		
Villanueva del Pardillo	+ ↓	+ ↗	+ ↗	+ ↗	+ ↗	+ ↓	- ↓	+ ↓	- ↑	- ↑	+ ↗	+ ↑	+ ↓	- ↘	+ ↑	- ↓	- ↘	- ↓
Brunete	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↑	- ↓	- ↘	+ ↗	+ ↗	- ↑	- ↘	+ ↑	+ ↓	- ↓	+ ↑	+ ↗	- ↓	- ↓
<b>Barrios</b>																		
Veilla de San Antonio	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↗	+ ↓	+ ↗	- ↘	+ ↓	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↗	+ ↗	- ↓	- ↘	- ↓	- ↓	- ↓
Paracuellos del Jarama	+ ↓	+ ↓	+ ↗	+ ↓	+ ↗	+ ↓	- ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↓	- ↓	+ ↑	+ ↗	+ ↑	+ ↑	- ↘	- ↓	- ↘
Villanueva de la Cañada	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↑	+ ↗	- ↓	+ ↗	+ ↓	+ ↑	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓
Mejorada del Campo	+ ↑	+ ↗	+ ↑	+ ↓	+ ↗	+ ↑	- ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↑	- ↓	+ ↑	- ↘	- ↓
Villaviciosa de Odón	+ ↓	+ ↓	+ ↗	+ ↓	+ ↗	+ ↗	+ ↗	+ ↓	+ ↑	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↓	- ↘	- ↑
Boadilla del Monte	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	- ↘	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	+ ↑	+ ↓	+ ↓	+ ↓	- ↓	- ↘	- ↑
<b>Barrio-ciudades</b>																		
Rivas Vaciamadrid	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↓	- ↑	+ ↑	- ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↗	+ ↑	- ↘	+ ↗	- ↓	- ↓
Pinto	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↓	- ↘	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↑	+ ↑	- ↘	- ↓	- ↘	- ↓	- ↓
Colmenar Viejo	+ ↗	- ↘	- ↓	- ↓	+ ↑	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↑	- ↘	- ↘	+ ↑	+ ↗	- ↓	- ↓	+ ↑	- ↓	- ↓
Arganda del Rey	+ ↗	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↓	- ↘	+ ↓	- ↑	- ↘	+ ↑	- ↑	- ↘	- ↑	- ↑	- ↑	- ↓	- ↓
Tres Cantos	+ ↗	+ ↓	+ ↗	+ ↓	+ ↗	- ↓	- ↓	- ↓	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↗	+ ↓	+ ↗	- ↘	- ↑	- ↓	- ↘
San Fernando de Henares	- ↘	+ ↑	- ↓	+ ↑	- ↓	+ ↗	+ ↓	- ↑	+ ↗	+ ↗	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↘	- ↓	- ↓	- ↓	+ ↗
Majadahonda	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	+ ↑	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑
Las Rozas	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	+ ↓	- ↘	- ↓	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↓	- ↘	- ↓	- ↓	- ↑
San Sebastián Reyes	+ ↓	+ ↑	+ ↗	+ ↗	+ ↓	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↗	- ↓	+ ↑	- ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↗	- ↓
Pozuelo de Alarcón	+ ↗	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↓	- ↘	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↑	- ↓	- ↓	+ ↗
Parla	- ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↗	- ↘	- ↑	- ↑	- ↓	+ ↑	- ↑	- ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↗	+ ↓
<b>Ciudades</b>																		
Coslada	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↑	- ↑	- ↑	- ↓	+ ↗	- ↘	- ↓	+ ↑	- ↘	+ ↑	+ ↗	- ↓	+ ↗
Torrejón de Ardoz	- ↘	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↘	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↑	- ↓	- ↘	- ↓	- ↓	- ↓	+ ↓
Alcobendas	+ ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↓	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↓	+ ↑
Alcorcón	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↑	- ↓	- ↓	+ ↑	- ↓	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↗	+ ↓	+ ↑
Getafe	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↓	- ↓	- ↘	- ↑	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↑	- ↓	+ ↗	+ ↗
Alcalá de Henares	- ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↓	- ↓	+ ↑	- ↓	- ↑	- ↘	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↘	- ↑	- ↓	- ↓	+ ↗
Fuenlabrada	- ↘	- ↘	- ↓	+ ↑	+ ↑	- ↓	+ ↑	+ ↗	+ ↑	- ↑	- ↘	- ↘	- ↓	- ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↓	+ ↓
Leganés	- ↑	- ↓	+ ↑	+ ↗	+ ↗	- ↘	- ↓	- ↘	- ↘	- ↑	+ ↑	- ↘	- ↓	- ↑	+ ↑	+ ↓	+ ↓	+ ↓
Móstoles	- ↓	+ ↑	- ↓	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↘	+ ↗	- ↓	- ↑	- ↑	- ↓	- ↓	- ↘	+ ↑	+ ↓	+ ↓	+ ↓
<b>Áreas Metropolitanas</b>																		
Zona Norte	+ ↓	+ ↗	+ ↑	+ ↗	+ ↗	+ ↗	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↓	- ↓
Zona Este	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↗	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↘	- ↘	- ↓	- ↓	+ ↑
Zona Sur	- ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	- ↓	- ↓	- ↑	- ↓	- ↘	- ↓	- ↓	- ↓	- ↑	+ ↑	+ ↗	+ ↓	+ ↑
Zona Oeste	+ ↓	+ ↓	+ ↗	+ ↓	+ ↓	- ↓	- ↓	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↑	+ ↗	- ↓	- ↓	- ↓	- ↓

sostenibilidad que presenta el AMM en la actualidad, establecer una *jerarquía de municipios y sectores metropolitanos según sus condiciones de sostenibilidad*, atendiendo al número de indicadores con *valores críticos* y *no críticos* que poseen en sus tres categorías: alto, medio y bajo. Esta nueva jerarquía —reseñada en la *Tabla de Jerarquía según Condiciones de Sostenibilidad* (FIGURA 7)— ordena los 28 municipios y las 4 áreas metropolitanas según una escala decreciente que agrupa los

territorios más favorables (con mayor número de indicadores no críticos) y los menos favorables (con mayor número de indicadores críticos)

Definir estas posiciones jerárquicas permite abordar la fase final del proceso metodológico, que busca definir un umbral de consumo de suelo para el AMM —inexistente en la actualidad— capaz de evaluar las condiciones de la ocupación del territorio metropolitano con más idoneidad que la media ponderada del consumo de

JERARQUIA URBANA	NO CRITICO				TOTAL	CRITICO			RANGO
	+ ↓	+ ↗	+ ↑	TOTAL		- ↓	- ↗	- ↑	
<b>Vecindarios</b>									
Villanueva del Pardillo	4	5	2	11	7	2	2	3	IV
Brunete	4	6	2	12	6	4	2	0	III
<b>Barrios</b>									
Veilla de San Antonio	4	6	2	12	6	4	2	0	III
Paracuellos del Jarama	5	4	4	13	5	3	2	0	III
Villanueva de la Cañada	9	2	3	14	4	3	0	1	I
Mejorada del Campo	1	2	10	13	5	3	1	1	II
Villaviciosa de Odón	5	5	4	14	4	2	1	1	I
Boadilla del Monte	8	0	4	12	6	2	2	2	III
<b>Barrios-ciudad</b>									
Rivas Vaciamadrid	3	5	5	13	5	3	1	1	II
Pinto	3	0	9	12	6	3	3	0	III
Colmenar Viejo	1	3	5	9	9	6	3	0	VI
Arganda del Rey	2	1	5	8	10	2	3	5	VII
Tres Cantos	4	6	1	11	7	4	2	1	IV
San Fernando de Henares	1	4	5	10	8	5	2	1	V
Majadahonda	3	0	11	14	8	3	0	1	I
Las Rozas	7	0	4	11	7	3	2	2	IV
San Sebastián Reyes	2	4	6	12	6	5	1	0	III
Pozuelo de Alarcón	4	2	7	13	5	2	2	1	II
Parla	2	2	7	11	7	2	1	4	VI
<b>Ciudades</b>									
Coslada	0	3	7	10	8	3	2	3	V
Torrejón de Ardoz	1	0	5	6	12	7	4	1	VIII
Alcobendas	2	1	9	12	6	5	1	0	III
Alcorcón	2	2	6	10	8	6	1	1	V
Getafe	0	2	6	8	10	7	2	1	VII
Alcalá de Henares	1	2	5	8	10	6	2	2	VII
Fuenlabrada	2	2	5	9	9	3	4	2	VI
Leganés	3	2	3	8	10	3	4	3	VII
Móstoles	3	1	4	8	10	6	2	2	VII
<b>Áreas Metropolitanas</b>									
Zona Norte	1	4	8	13	5	5	0	0	II
Zona Este	0	2	10	12	6	4	2	0	III
Zona Sur	2	1	5	8	10	7	2	1	VII
Zona Oeste	5	2	5	12	6	6	0	0	III

FIGURA 7. Jerarquía según condiciones de sostenibilidad. 1997

suelo. Para definir este umbral se procede a detectar, entre los municipios que poseen el *mayor rango de sostenibilidad*, el que posee el *menor consumo de suelo*. Este valor, que representa la situación más favorable constituye el *umbral de consumo sostenible de suelo del AMM*, cifrado en  $135 \text{ m}^2/\text{hab}$ , correspondiente al municipio de Majadahonda. Una vez detectado este umbral se puede permitir evaluar las variaciones territoriales contrastando los datos del indicador *consumo del suelo* con el umbral obtenido y los valores correspondientes a sus 6 rangos de contrastación (crítico y no crítico alto, medio y bajo). Con estos datos se obtiene la *Matriz Iconográfica de Consumo de Suelo*, que refleja las condiciones que asume la ocupación del territorio en los distintos municipios y sectores metropolitanos del AMM (FIGURA 8).

### 3.1.6. Detección de tendencias

Para analizar detalladamente las situaciones sostenibles y no sostenibles existentes en los distintos niveles territoriales se confeccionan los *Esquemas de Vectores* para cada municipio y sector metropolitano. Inspirados en el modelo Ameba —ampliamente utilizado para detectar las condiciones de sostenibilidad— estos gráficos registran el estado de la sostenibilidad de los municipios y los sectores metropolitanos a través de sus elementos componentes: los *vectores*, que representan los indicadores con sus correspondientes valores de sostenibilidad, según una escala gráfica ajustada a los valores que representan, y el *círculo*, donde se inscriben todos los niveles de referencia, incluido el umbral de consumo sostenible de suelo, considerado umbral de referencia. Los valores que asumen cada indicador tienen tres posibilidades de localización: *en* el círculo (en el umbral o meta), *dentro* del círculo (situación no crítica) o *fuera* del círculo (situación crítica) (FIGURA 9). Los vectores siguen una disposición temática que facilita su lectura e integración y su resultado es un diagrama en estrella, con puntas que entran o salen del círculo señalando las condiciones de sostenibilidad que presenta cada realidad territorial en sus

JERARQUIA URBANA	m <sup>2</sup> /hab
<b>Vecindarios</b>	
Villanueva del Pardillo	- ↗
Brunete	- ↓
<b>Barrios</b>	
Veilla de San Antonio	- ↓
Paracuellos del Jarama	- ↑
Villanueva de la Cañada	- ↑
Mejorada del Campo	- ↓
Villaviciosa de Odón	- ↑
Boadilla del Monte	- ↑
<b>Barrios-ciudad</b>	
Rivas Vaciamadrid	- ↓
Pinto	- ↓
Colmenar Viejo	- ↓
Arganda del Rey	- ↓
Tres Cantos	- ↑
San Fernando de Henares	+ ↑
Majadahonda	+ ↑
Las Rozas	- ↑
San Sebastián Reyes	- ↓
Pozuelo de Alarcón	+ ↗
Parla	+ ↓
<b>Ciudades</b>	
Coslada	+ ↗
Torrejón de Ardoz	+ ↓
Alcobendas	- ↓
Alcorcón	+ ↓
Getafe	+ ↗
Alcalá de Henares	+ ↗
Fuenlabrada	+ ↓
Leganés	+ ↓
Móstoles	+ ↓
<b>Áreas Metropolitanas</b>	
Zona Norte	- ↓
Zona Este	+ ↑
Zona Sur	- ↓
Zona Oeste	- ↗

**FIGURA 8. Matriz del consumo sostenible. Condiciones del Consumo de Suelo en el AMM. 1997**

dimensiones espacial, económica, social y ambiental.

Estos gráficos permiten evaluar las distancias que separan los valores de los distintos indicadores del círculo de sostenibilidad y de la banda de sostenibilidad.

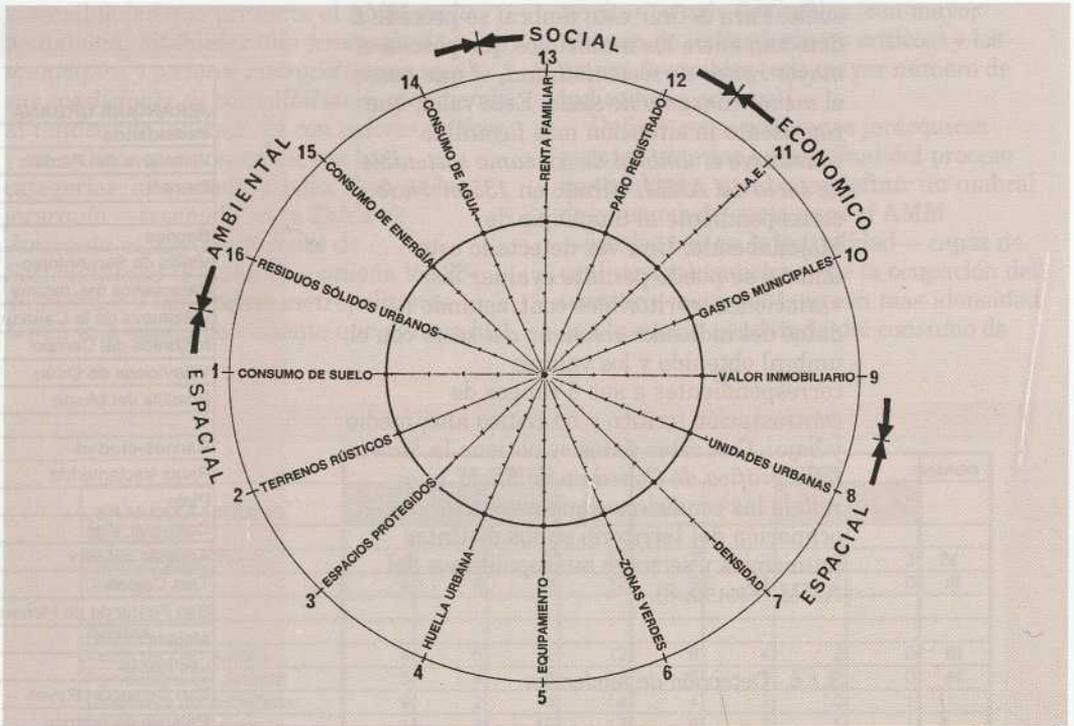


FIGURA 9. Esquema de vectores. Diagrama general

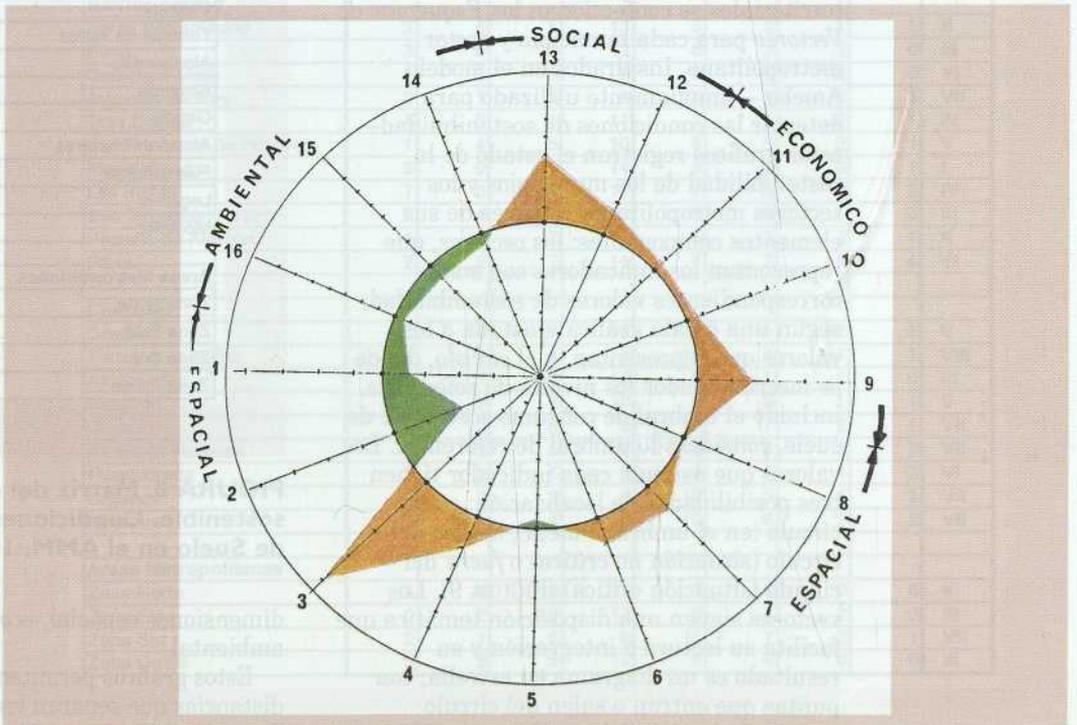


FIGURA 9'. Aplicación del esquema de vectores a municipios: Fuenlabrada

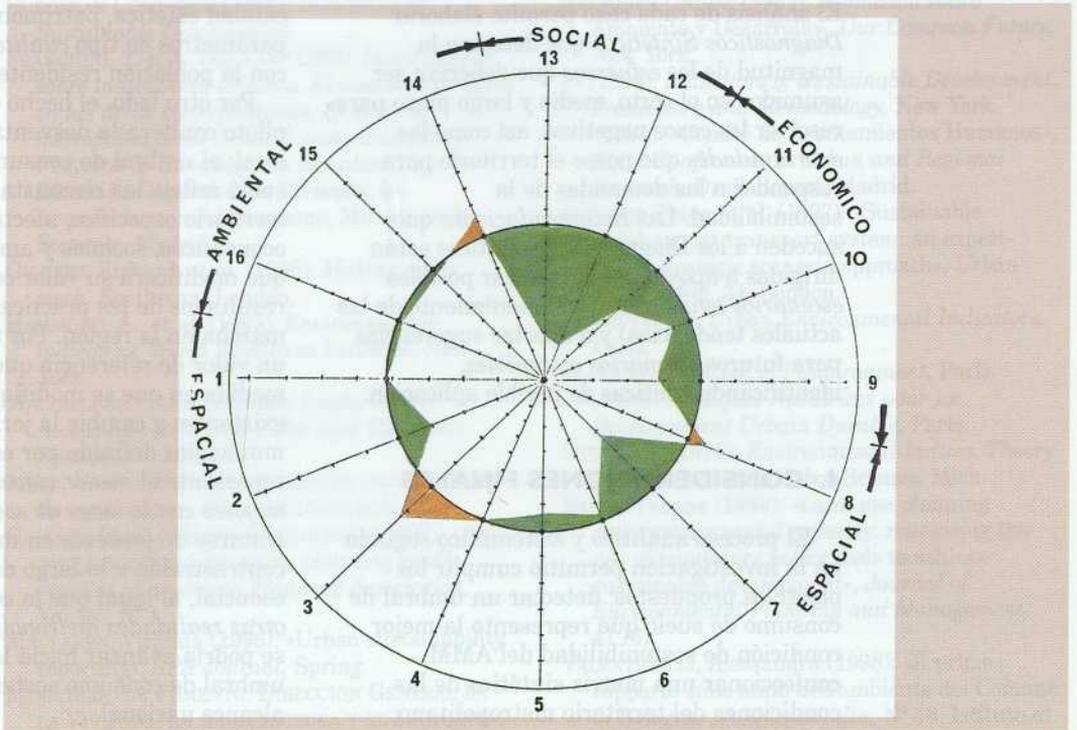


FIGURA 9'. Aplicación del esquema de vectores a municipios: Majadahonda

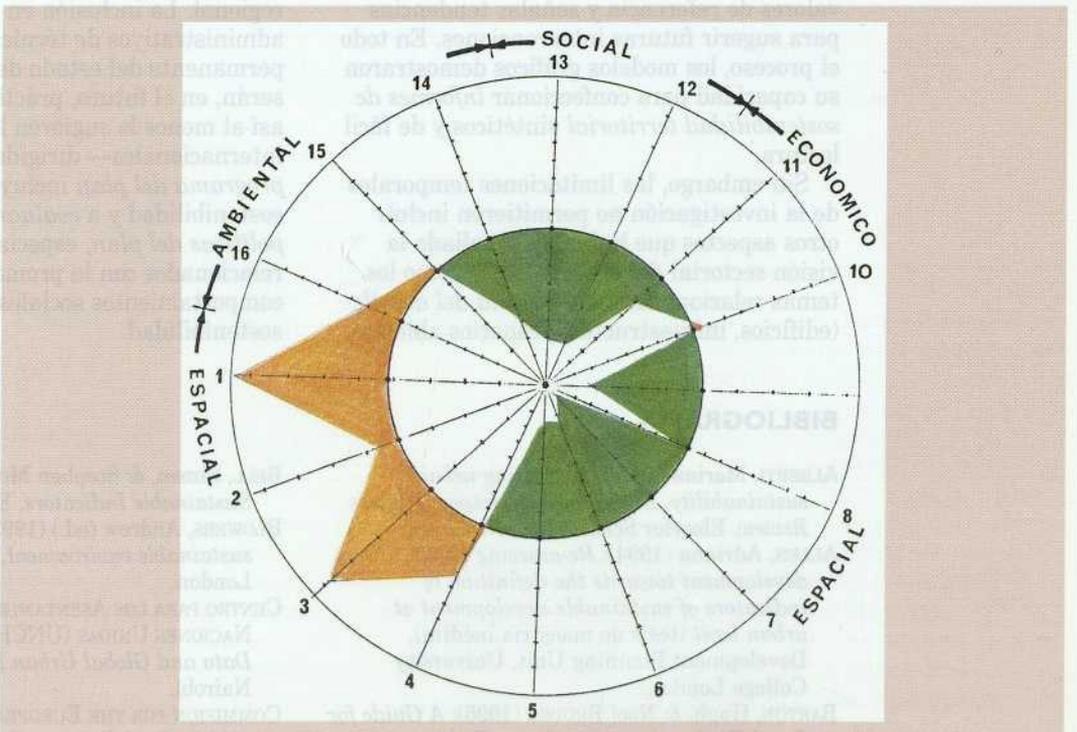


FIGURA 9'. Aplicación del esquema de vectores a municipios: Boadilla del Monte

El análisis de cada caso permite elaborar *Diagnósticos Sintéticos* que detectan la magnitud de los esfuerzos que deberían ser asumidos en el corto, medio y largo plazo para resolver los casos negativos, así como las *oportunidades* que posee el territorio para responder a las demandas de la sostenibilidad. Las *Recomendaciones* que suceden a los Diagnósticos Sintéticos están dirigidas a apoyar o a desalentar posibles *escenarios tendenciales* (mantenimiento de las actuales tendencias) y a aportar sugerencias para futuros *escenarios sostenibles*, identificando políticas de posible aplicación.

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

El proceso analítico y sistemático seguido en la investigación permitió cumplir los objetivos propuestos: detectar un umbral de consumo de suelo que represente la mejor condición de sostenibilidad del AMM; confeccionar una matriz sintética de las condiciones del territorio metropolitano; definir las características que asume este consumo, detectando los municipios que se encuentren por debajo o por encima de los valores de referencia y señalar tendencias para sugerir futuras intervenciones. En todo el proceso, los modelos gráficos demostraron su capacidad para confeccionar *informes de sostenibilidad territorial* sintéticos y de fácil lectura.

Sin embargo, las limitaciones temporales de la investigación no permitieron incluir otros aspectos que hubieran ampliado la visión sectorial del enfoque, tales como los temas relacionados con la *escala del detalle* (edificios, infraestructura, espacios abiertos,

calidad estética, patrimonio cultural) y parámetros de tipo *cualitativo* relacionados con la población residente.

Por otro lado, el hecho de analizar un área piloto conlleva la desventaja de la condición local: el umbral de consumo sostenible de suelo refleja las circunstancias de un territorio específico, afectado por situaciones económicas, sociales y ambientales locales que modificará su valor conforme sean los resultados de las prácticas puestas en marcha en la región. Por tanto, se trata de un valor de referencia que variará en la medida en que se modifiquen las condiciones existentes y cambie la jerarquía de municipios definida por este umbral, que represente el *menor consumo de suelo con las mejores condiciones de sostenibilidad*. Al tratarse de procesos en marcha, la contrastación a lo largo del tiempo es esencial, al igual que la contrastación con *otras realidades metropolitanas*, con lo que se podría avanzar hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo de alcance nacional.

Por último, destacar la importancia que los modelos de valoración de la sostenibilidad tienen para la planificación urbana y regional. La inclusión en los procedimientos administrativos de técnicas de revisión permanente del estado de la sostenibilidad serán, en el futuro, prácticas corrientes —o así al menos lo sugieren las organizaciones internacionales— dirigidas a *verificar si el programa del plan* incluye la agenda de la sostenibilidad y a *evaluar los impactos de las políticas del plan*, especialmente aquellos relacionados con la promoción de nuevos comportamientos sociales relacionados con la sostenibilidad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTI, Marina (1996): *Measuring urban sustainability. Environmental Impact Assess Review*, Elsevier Science Inc., New York.
- ALLEN, Adriana (1994): *Re-assesing urban development towards the definition of indicators of sustainable development at urban level* (tesis de maestría inédita), Development Planning Unit, University College London.
- BARTON, Hugh, & Noel BRUDER (1995): *A Guide for Local Environmental Auditing*, Earthscan, London.
- BELL, Simon, & Stephen MORSE (1999): *Sustainable Indicators*, Earthscan, London.
- BLOWERS, Andrew (ed.) (1993): *Planning for a sustainable environment*, Earthscan Publication, London.
- CENTRO PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS. NACIONES UNIDAS (UNCHS) (1997): *Analysis of Data and Global Urban Indicator Data Base*, Nairobi.
- COMMISSION FOR THE EUROPEAN COMMUNITIES (1995): *Guidelines on Sustainable Human Settlements Planning and Management*.

- EUROPEAN COMMISSION (1997): *Indicators of Sustainable Development*.
- FRANCHINI, T. & A. DAL CIN (1999): *Investigación sobre indicadores urbanos. El consumo de suelo en las áreas metropolitanas. El entorno metropolitano del Madrid como área piloto*, Proyecto de investigación financiado por la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Ministerio de Fomento, Madrid.
- GILBERT, Richard, et al. (1996): *Making cities work*, Earthscan, London.
- HAMMOND, A., et al. (1995): *Environmental indicators*, World Resources Institute, New York.
- MACGILLIVRAY, Alex & Simon ZADEK (1995): *Accounting for change*, The New Economic Foundation, London.
- MEGA, Voula (1994): *Sustainability indicators for European cities*, Harvard University.
- GORDON, Peter & Harry RICHARDSON (1997): «Are compact cities a desirable planning goal?», *Journal of American Planning Association*, Vol. 63, N° 1.
- MACLAREN, Virginia (1996): «Urban sustainability reporting», *APA Journal*, Spring.
- MINISTERIO DE FOMENTO. DIRECCIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA, LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO (1997): *La Ciudad de los Ciudadanos*, Madrid.
- NACIONES UNIDAS (1987): «Comisión sobre Ambiente y Desarrollo», *Our Common Future*, New York.
- (1996): *Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodology*, New York.
- (1998): «Comité de Asentamientos Humanos», *Eight Conference on Urban and Regional Research*, Draft Report, Madrid.
- NIJKAMP, Peter, et al. (1997): «Sustainable development transport system: an expert-based strategic scenario approach», *Urban Studies*, Vol. 34, London.
- OCDE (1978): *Urban Environmental Indicators*, París.
- (1986): *L'OCDE et l'Environnement*, París.
- (1996): *Politiques Novatrices pour un Développement Urbain Durable*, París.
- OTT, W. R. (1978): *Environmental Indices. Theory and Practice*, Ann Arbor Science, Mich.
- RYDIN, Yvonne (1988): «Land use planning and environmental capacity: reassessing the use of regulatory policy tools to achieve sustainable development», *Journal of Environmental Planning and Management*, 41 (6).
- VALENTINELLI, Alessandra (1998): «Il primo rapporto sullo stato dell'ambiente del Comune di Bologna», *Ambienteitalia*, N° 16, Istituto di Recerche Ambiente Italia. Milano.

## 1. INTRODUCCIÓN

El modelo económico actual se ha impuesto en las últimas décadas en los países de desarrollo avanzado y particularmente en el sector terciario. El núcleo de industrias, bancos, agencias de turismo y cadenas comerciales (supermercados, hipermercados, etc.) por buscar localizaciones en ciudades medianas y no tanto en las más grandes, se demuestra por las crecientes inversiones y las estrategias de marketing emprendidas

en la región pampeana, aunque es más llamativa la acción empresarial privada en los nichos situados fuera de la misma, esto es, en las llamadas regiones metropolitanas. Se está iniciando un proceso de difusión geográfica de las actividades secundarias, terciarias y hasta cuaternarias, bajo modalidades de descentralización y de desconcentración, cuyo objetivo es activar el motor de la economía capitalista, el consumo.

Esta profunda transformación va de la mano con cambios en los paradigmas territoriales del desarrollo. Antes se trabajaba con el modelo «de arriba» y en los últimos años se ha pasado a un modelo

Publicado en el número 123 de mayo de 2000.  
 La revista aparece a la 15.ª edición. Dirigida por el  
 autor de la cartografía.