

MODELOS TERRITORIALES Y SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD. VALORACIÓN CRÍTICA DE ALGUNAS EXPERIENCIAS CONCRETAS¹

María Jesús Salado García

Carolina Rojas Quezada

Carolina de Carvalho Cantergiani

Departamento de Geografía

Universidad de Alcalá

mariaj.salado@uah.es

Fecha de Recepción: 18 de Abril de 2008

Fecha de Aceptación: 21 de Abril de 2008

RESUMEN

Desde su popularización a finales de los años ochenta del siglo pasado, la progresiva maduración del término 'desarrollo sostenible' ha llevado a la búsqueda de procedimientos conceptualmente sólidos y metodológicamente justificables para medirlo y hacerlo operativo. En este período han sido muchos los sistemas de indicadores de sostenibilidad propuestos. Entre los más recientes, parece dominar la necesidad de integrar las tres clásicas dimensiones de la sostenibilidad (Quiroga, 2001). Nuestro grupo de investigación plantea el territorio como marco integrador en el que interactúan esas implicaciones ecológicas, económicas y sociales de las actividades humanas. Nuestro objetivo es, por tanto, evaluar la sostenibilidad de distintos modelos territoriales. En este artículo se presentan, de manera resumida, varias experiencias desarrolladas en España, Chile y Brasil sobre sistemas de indicadores centrados en distintos aspectos de la sostenibilidad urbana y territorial y apoyados sobre herramientas SIG.

Palabras Clave:

sostenibilidad, sistemas de indicadores, modelos territoriales, SIG.

¹ El presente artículo se ha elaborado con trabajos realizados dentro de los proyectos: Crecimiento urbano y sostenibilidad en la Comunidad de Madrid. Una aproximación a los factores explicativos de los cambios recientes de usos del suelo (financiado conjuntamente por la Comunidad de Madrid y la Universidad de Alcalá; referencia: CCG06-UAH/HUM-0670) y Elaboración de modelos de simulación normativos del crecimiento urbano actual (Ministerio de Educación y Ciencia, SEJ2007-66608-C04-01/GEOG). Además, la experiencia referida a Chile se desarrolló dentro del proyecto Análisis de la sostenibilidad urbana en centro urbanos litorales de la VIII Región del BíoBío. Aplicación de los sistemas de información geográfica".

ABSTRACT

Since its popularization at the end of the eighties of the last century, the evolution of the term “sustainable development” has pushed the search of conceptually solid and methodologically justifiable procedures to measure them and make them operative. Through this period many indicator systems have been proposed. Among the most recent ones, it seems to dominate the need to integrate the three classic dimensions of the sustainability (Quiroga, 2001). Our research group considers the territory as an framework where the ecologic, economic and social implications of the human activities interact. Our goal is assess the sustainability of different territorial models. This paper presents, in a short way, many experiences developed in Spain, Chile and Brazil about indicator systems based on different aspects of the urban and territorial sustainability, and supported by GIS tools.

Key Words:

sustainability, indicator systems, territorial models, GIS.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que en los últimos años asistimos a una lenta maduración de los términos ‘desarrollo sostenible’ y ‘sostenibilidad’. Desde la ambigüedad calculada de la popular definición de informe Brundtland hemos llegado hasta los planteamientos de base ecológica que fundamentan la llamada ‘sostenibilidad fuerte’ (Alberti y Bettini, 1998; Caride, 2001; Naredo, 1996). Aún hoy coexisten diversas formas de entender y utilizar esos términos (Carew y Mitchell, 2008; Pope *et al.*, 2004; Robinson, 2004). En cualquier caso, parece preceptivo intentar traducir las implicaciones que de él se derivan en aspectos evaluables que puedan orientar un diagnóstico de la situación actual y unas propuestas de futuro.

En este sentido, la sostenibilidad de las ciudades parece haber captado un extraordinario interés. Las razones que lo justifican son múlti-

ples: albergan a más de la mitad de la población mundial y siguen creciendo de forma acelerada; se consolidan sus funciones centrales en la actual economía servioindustrial; son las principales consumidoras de recursos y de generación de desechos; la complejidad de sus problemas hace ineficaces muchas de las medidas sectoriales puestas en marcha, etc.

No obstante, hay sólidas razones para superar el límite de ‘lo urbano’ y empezar a trabajar sobre unidades rur-urbanas más amplias. En primer lugar, los impactos de la ciudad alcanzan un área mucho más amplia que la mancha urbana compacta tradicional. En segundo lugar, debido a la actual forma de crecimiento de las ciudades (fragmentada, dispersa...) el límite entre lo urbano y lo rural es cada vez más difuso; ambas piezas forman un todo solidario que es necesario evaluar y planificar de forma conjunta (Folch, 2003; Font, 2003).

De ahí el título de este trabajo de recopilación: a través de los ensayos parciales que aquí presentamos, pretendemos avanzar hacia la caracterización y evaluación desde la sostenibilidad de modelos territoriales urbano-rurales, entendidos éstos como formas peculiares de interacción en el espacio de las distintas funciones y significados que los grupos humanos otorgamos al territorio. Su objetivo, por tanto, no es otro que el de presentar de forma conjunta los trabajos realizados por el grupo de investigación liderado por la Dra. M^a Ángeles Díaz Muñoz sobre la sostenibilidad de los procesos de desarrollo urbano y territorial.

Tras recoger algunas reflexiones que enmarcan los tres trabajos presentados, expondremos esas experiencias llevadas a cabo en entornos geográficos diversos y sobre distintos componentes de la sostenibilidad. En primer lugar, mostraremos el conjunto de indicadores de evaluación de la sostenibilidad del crecimiento en la región metropolitana de Madrid, uno de los fenómenos más llamativos de los últimos años. En segundo lugar, aparecen los indicadores diseñados para evaluar de la movilidad y el transporte urbanos en una ciudad media (Alcalá de Henares), ambos componentes básicos de la sostenibilidad urbana. El tercer ejemplo lo constituyen los indicadores de vulnerabilidad para áreas de ocupación irregular en la Región Metropolitana de Curitiba (Brasil), justificables sobre la base de que la sostenibilidad debe tener especialmente presentes los espacios y grupos de población más vulnerables. Por último, proponemos un sistema de indicadores de sostenibilidad aplicados al planeamiento de ciudades medias (Tomé, Chile) en la creencia

de que el planeamiento puede y debe orientar la forma de crecimiento de las ciudades y, en general, de esas unidades funcionales más amplias de carácter rur-urbano a que hacíamos referencias anteriormente.

En todos los casos se ha optado por la aplicación de indicadores territoriales calculados con sistemas de información geográfica (SIG). Esos indicadores permitirán medir las diferencias espaciales en la situación de las distintas variables seleccionadas y, al tiempo, reconocer esas diferencias como consecuencia de la estructura espacial de la ocupación del suelo, redes de transporte, localización de recursos o tipologías residenciales. Es decir, a diferencia de la naturaleza de muchos de los indicadores de sostenibilidad al uso, éstos estarán dirigidos a evaluar la sostenibilidad de los modelos territoriales. Los resultados y reflexiones en parte aquí planteadas pueden consultarse en (Díaz *et al.*, 2007a; Díaz *et al.*, 2007b; Rojas y Díaz, 2007; Rojas *et al.*, 2006; Salado *et al.*, 2005).

MARCO TEÓRICO

Cualquier intento de diseño de un sistema de indicadores debe pasar por la definición precisa de los conceptos básicos y de los de principios y criterios que guiarán la posterior elección de las variables a recoger y la valoración de los resultados obtenidos. Antes de presentar los distintos sistemas de indicadores ensayados, abocetaremos algunas reflexiones sobre la sostenibilidad de distintos modelos territoriales y urbanos.

Modelos urbanos sostenibles

En los últimos años, el estudio de las ciudades desde la perspectiva de su sostenibilidad ocupa a científicos y planificadores, tanto más cuanto los actuales procesos de crecimiento urbano están revelando unos patrones con evidentes costos ambientales, sociales y también económicos.

El crecimiento y fragmentación de las manchas urbanas sobre el territorio al que asistimos en los últimos 15 años es una primera señal de alarma. En este sentido, entre las principales tendencias en España en los últimos años, el último informe del Observatorio para la Sostenibilidad de este país (OSE, 2006) destaca el aumento de la artificialización, con especial peso de la urbanización y, más en concreto, del tejido urbano discontinuo. Según ese documento, entre 1987 y 2000, las superficies artificiales han aumentado casi un 30% con respecto a su superficie inicial (1987), frente un 5,4% del conjunto de países europeos CLC23². Dicho de otro modo, en unos doce años hemos asistido en este país a un incremento de este tipo de ocupación del suelo de casi un tercio sobre la superficie transformada durante los siglos anteriores.

En contraposición, se suele admitir que un modelo urbano sostenible es aquel que además de proporcionar un ambiente saludable para la vida y el trabajo, poseer una infraestructura de abastecimiento y saneamiento satisfactorias y presentar unos servicios adecuados para el desarrollo social y económico, mantiene unas relaciones ecológicas

equilibradas con los ecosistemas locales y globales (Sorensen *et al.*, 2005); de tal manera que los costos ambientales de la urbanización no sean transferidos a las generaciones futuras (Winchester, 2006). De forma abreviada, diremos que ese equilibrio entre los aspectos ecológicos, sociales y económicos en el desarrollo urbano supone (Burton, 2001; Chen *et al.*, 2008; Franchini y Dal Cin, 2000; Generalitat de Catalunya y Universidad Politécnica de Catalunya, 2003; González y de Lázaro, 2005; Hasse y Lathrop, 2003; Maestu *et al.*, 2003; Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de España 2006; Rueda, 1996 y 2002):

- Una utilización racional del recurso suelo que, por un lado, impida el asentamiento en zonas de riesgo y, por otro, que trate de reducir la expansión urbana, promoviendo el reciclaje de tejidos urbanos preexistentes y evitando los desarrollos urbanísticos de baja densidad. En definitiva, una conjunción entre las necesidades de crecimiento y la preservación de valores naturales y culturales.
- Una estructura urbana compacta y abarbable. Esa ciudad razonablemente densa, continua, multifuncional, heterogénea y diversa, permite un aumento de la complejidad interna, una vida social cohesionada, una economía competitiva, un ahorro del suelo, energía y de los recursos materiales, además de la preservación de los sistemas agrícolas y naturales.
- Una ordenación de las actividades que favorezca la proximidad a los ciudadanos, una distribución equilibrada de los recursos

2 Ese conjunto lo constituyen: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa y Rumania.

y, en cualquier caso, una accesibilidad eficiente y equitativa a los mismos, lo que implica, en muchos casos, la presencia de un buen sistema de transporte público.

Tras esta breve reflexión, afloran dos imperativos a los que pretendemos empezar a dar respuesta con las experiencias que aquí se exponen:

- La necesidad de hacer una *aproximación territorial* al problema de la sostenibilidad urbana, puesto que es en el espacio geográfico donde se entretajan las distintas fuerzas motrices que están transformando nuestra forma de producir, consumir y habitar. En ese espacio compiten y, a un tiempo, se hermanan los modelos recientes de crecimiento residencial y de descentralización de actividades económicas, los flujos materiales e inmateriales que conectan las distintas piezas del mosaico territorial, las devaluaciones y revalorizaciones selectivas de ciertos espacios de acuerdo a la acción planificadora y a las transformaciones sociodemográficas y culturales del momento. No pueden entenderse, por ejemplo, las características de la movilidad al margen del modelo urbano-metropolitano en el que se desarrollan.
- La necesidad de disponer de instrumentos que permitan diagnosticar el estado de nuestras ciudades y consensuar medidas o estrategias para avanzar hacia el desarrollo sostenible. En este sentido, los *indicadores de sostenibilidad* pueden señalar tendencias y aspectos críticos y facilitar, al tiempo, la comunicación entre expertos, decisores y ciudadanía (Alberti y Susskind, 1996; Ooi, 2005).

Indicadores de Sostenibilidad

Desde la Cumbre de Río de Janeiro en 1992, el desarrollo de múltiples experiencias en todo el mundo ha permitido la progresiva maduración de los sistemas de indicadores de sostenibilidad. Quiroga (2001) reseña la prevalencia en la primera generación de indicadores, desarrollados en los años 80, de aspectos ambientales centrados en un sector productivo (agrícola, forestal, etc.), o en cuestiones puntuales relacionadas con la calidad del aire de la ciudad, la contaminación de las aguas, la deforestación, la desertificación o los cambios de usos de suelo; en una segunda generación, empiezan a dominar los sistemas de indicadores elaborados desde el enfoque multidimensional del desarrollo sostenible, que incluye aspectos ambientales, económicos, socio-institucionales; por último, la tercera generación persigue integrar en mayor medida esas clásicas tres dimensiones, elaborando unos pocos indicadores sintéticos que facilitarían un acceso rápido a valoraciones sintéticas, en las que estarían incorporadas las variables económicas, sociales y ambientales.

Respecto a la escala de aplicación, esos sistemas de indicadores se han empleado mayoritariamente en estudios a escala nacional y regional (Alfsen y Greaker, 2007; Blanco *et al.*, 2001). En relación a la ciudad y de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada hasta la fecha, podríamos distinguir dos tipos: indicadores empleados para la valoración y diagnóstico de la ciudad existente (o de alguno de sus componentes) e indicadores empleados para la valoración y diagnóstico de la planificación urbanística³.

Como se ha apuntado ya, en este mismo sentido hemos ordenado las experiencias que aquí presentamos. En ellas se podrá comprobar, además, que la diversidad de contextos, tanto territoriales como socioeconómicos, en la que estos instrumentos pueden aplicarse justifica la inexistencia de un sistema de indicadores universalmente aceptado. Nuestras tentativas tienen, eso sí, el objetivo de propiciar una discusión sobre los conceptos generales relacionados con la sostenibilidad, los componentes de los problemas detectados, los atributos y criterios a evaluar y la posible relación entre los mismos.

ESTUDIO DE CASOS

Indicadores de sostenibilidad aplicados a la evaluación del crecimiento urbano en áreas metropolitanas. El caso de la región de Madrid.

Los atributos de sostenibilidad para regiones metropolitanas se basan, en nuestra opinión, en tres aspectos básicos: la relación entre el medio construido y el medio natural (tanto en lo que se refiere a cantidad de suelos 'naturales' consumidos por el desarrollo urbano, como lo relativo a la forma y situación de esas nuevas manchas urbanas); la organización espacial del sistema de asentamientos (equilibrado y dotado de buena conectividad); y la estructura funcional y social (diversificación económica y equidad social).

El objetivo de este análisis es realizar un diagnóstico de la sostenibilidad (o insostenibilidad) del modelo de crecimiento reciente de la Comunidad de Madrid. El estudio se centra principalmente en el crecimiento de las manchas de superficies artificiales y su relación con la población residente en la región en los dos años que enmarcan el periodo de estudio: 1990 y 2000.

En ese sentido, habría que poner en relación los cambios habidos con el primero de los principios enunciados y con el deseable objetivo de la minimización de costes ambientales en el proceso de urbanización. Los criterios a evaluar serán, pues:

- Reducir o limitar el consumo de suelo por habitante.
- Procurar densidades residenciales medias.
- Regenerar o rehabilitar suelo ya urbanizado.
- No ocupar suelos de alto valor ambiental.

Sobre esos criterios básicos, se organizó un sistema de indicadores con dos componentes, dentro de los cuales se incluyeron una serie de indicadores para medir la sostenibilidad de los cambios en cada municipio y en el conjunto de la Comunidad (Tabla 1). Para el cálculo de los indicadores del primero de los componentes se trabaja, básicamente, sobre las capas de ocupación del suelo del proyecto CORINE (1990-2000) y los censos de población y vivienda más próximos (1991 y 2001). Para el segundo, parcialmente inspi-

3 Respecto a la ciudad existente, destacamos los trabajos de Balocco y Grazzini (2006), Pauchard et al. (2006), Romero (2001), Shane y Graedel (2000) y Vásquez et al. (2005); sobre la movilidad y el transporte urbanos pueden consultarse las interesantes revisiones elaboradas por Gilbert et al. (2002), Gudmunsson (2001 y 2003), Litman (2005), Nunes (2001), SUMMA (2005), etc. En cuanto a indicadores aplicados a la 'ciudad planificada', destacamos las propuestas de Carsjens y Ligtenberg (2006), Generalitat de Catalunya y Universidad Politécnica de Catalunya (2003) o Repetti y Desthieux (2006).

Consumo de suelo
Crecimiento del suelo artificial (%)
Evolución de la tasa 'm ² suelo artificial/habitante'
Evolución densidades de viviendas
Evolución densidades poblacionales
Costes ambientales de la sustitución de usos naturales / rurales por usos artificiales / urbanos
Pérdida (por sustitución) de usos de mayor valor ecológico / paisajístico
Capacidad de acogida para esos usos artificiales / urbanos en las nuevas áreas urbana / artificiales

Tabla 1.- Componentes e indicadores de evaluación de la sostenibilidad del crecimiento en la región metropolitana de Madrid

rado en un trabajo de (Otero *et al.*, 2006), se generó una matriz de valoración de los cambios hacia categorías artificial y un modelo de capacidad de acogida para usos artificiales / urbanos que incluía pendientes, orientaciones, geotecnia, ocupación del suelo, distancias a núcleos de población y vías de comunicación. La experiencia nos muestra que el resultado es sumamente dependiente de las variables introducidas y de la ponderación otorgada a cada una de ellas. En cualquier caso, pudo comprobarse cómo el crecimiento urbano de la región ocupaba, fundamentalmente, áreas perimetropolitanas del sur y el sureste, con tipologías poco densas y sobre suelos agrícolas; la valoración de esos cambios es muy variada aunque dominan los cambios calificados como 'moderadamente negativos'.

Indicadores de sostenibilidad territorial aplicados a componentes de las ciudades medias: la movilidad y el transporte en Alcalá de Henares

Alcalá de Henares, una ciudad media del Área Metropolitana de Madrid con un fuerte

crecimiento urbanístico en los últimos quince años, está pasando de un modelo urbano tradicional, muy *nucleado* por el centro histórico y sus alrededores, a un modelo más fragmentado espacialmente y de mayor complejidad funcional. De alguna manera nos encontramos ante dos modelos urbanos que se ha sucedido en el tiempo y ahora coexisten. El sistema de transporte público urbano – todavía básicamente una red radial a partir del centro urbano – es una herencia del modelo urbano tradicional. Los desarrollos urbanísticos periféricos han sido ocupados por población *autóctona* procedente de los poco atractivos barrios surgidos en los años 60-70 del siglo XX y también por nuevos residentes originarios mayoritariamente de la capital regional; los nuevos inmigrantes extranjeros, a su vez, ocupan esas modestas viviendas abandonadas por la población local, en un proceso de sucesión-renovación social que se une al cambio urbanístico y (no lo olvidemos) también contribuye a explicar los patrones de movilidad observados en la ciudad.

Los cálculos de los indicadores se basaron en información detallada sobre el tejido urbano (callejero y trazado de las líneas de transporte), la distribución y características de la población y sus pautas de movilidad observadas (datos demográficos de 2001 publicados a nivel de sección censal y de movilidad a nivel de zona de transporte procedentes del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y el Consorcio Regional de Transporte (Encuesta Domiciliaria de Movilidad – 2004).

El sistema de indicadores se estructuró sobre un conjunto de componentes derivados di-

rectamente de lo que en la literatura se consideran atributos de un modelo de movilidad sostenible: unos patrones de movilidad caracterizados por un número escaso de desplazamientos, especialmente los de largo radio, y un uso mayoritario de medios no motorizados; un sistema de transporte público eficaz y espacialmente equitativo, que favorezca tanto o más la accesibilidad que la movilidad de la población y que garantice la interconectividad y la intermodalidad (tanto a escala intra como interurbana); por último, un modelo urbano caracterizado por la densidad y mezcla de usos - que minimice la necesidad de des-

Movilidad observada
o Desplazamientos no motorizados
o Desplazamientos en transporte público
o Medio de transporte según motivo
o Duración de los desplazamientos por motivo trabajo
o Duración media de los desplazamientos intra e interurbanos
Sistema de transporte público
o Dotación y calidad
o Distribución espacial: - Interconectividad - Accesibilidad - Intermodalidad
Modelo urbano
o Densidad de población
o Fragmentación del espacio urbanizado
o Mezcla de usos del suelo
o Impacto infraestructuras 1. <i>Consumo de espacio</i>
o Impacto infraestructuras 2. <i>Efecto barrera</i>
o Impacto infraestructuras 3. <i>Impacto social y ambiental</i>

Tabla 2.- Componentes e indicadores de evaluación de la sostenibilidad de la movilidad y el transporte urbanos en una ciudad media (Alcalá de Henares)

plazamientos de largo radio - y por el bajo impacto ambiental y social de las infraestructuras de transporte, tanto en cuanto a ocupación del suelo como a impactos y efecto-barrera.

Estos tres atributos se derivaron en tres componentes, que estructuran el Sistema de Indicadores (Tabla 2). Cada uno de los componentes se desglosa en un conjunto de variables, para las que posteriormente se diseñarían y analizarían en un entorno SIG los indicadores apropiados.

Indicadores de vulnerabilidad para áreas de ocupación irregular (Región Metropolitana de Curitiba)

Por sus implicaciones sociales y, frecuentemente también ambientales, el asentamiento irregular de población en la periferia de las ciudades es uno de los fenómenos más preocupantes para la sostenibilidad urbana. La vulnerabilidad de esas comunidades, esto es,

la probabilidad de que experimenten daños en caso de hacerse efectivo un peligro, depende tanto de las características de su ubicación, como de la capacidad de esa población y ese territorio de enfrentar situaciones adversas súbitas.

El área donde se aplicó este tercer sistema de indicadores es la Región Metropolitana de Curitiba, situada al sur de Brasil, compuesta de 26 municipios que comprende población de 3.224.553 habitantes (Censo 2000). De estos, entre 9% y 22% está distribuido por los 769 asentamientos irregulares del área.

El sistema formulado se divide en tres grandes dimensiones: territorial, social y ambiental (Tabla 3). El grupo de indicadores territoriales comprende la densidad de población, así como el número de domicilios sin instalaciones básicas de agua, alcantarillado y recogida de basura y la zonificación del uso del suelo (uso futuro que se prevé para cada es-

Indicadores territoriales
<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de la población • Zonificación de uso del suelo en el planeamiento • Domicilios sin instalaciones básicas
Indicadores sociales
<ul style="list-style-type: none"> • Calidad urbanística • Renta de la población • Nivel de instrucción • Estructura por edad • Densidad interna
Indicadores ambientales
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas naturales protegidas • Zonas de manantiales • Pendientes • Nivel de susceptibilidad a inundación

Tabla 3.- Componentes e indicadores de vulnerabilidad para áreas de ocupación irregular (Región Metropolitana de Curitiba, Brasil)

pacio). La dimensión social abarca indicadores más vinculados a cuestiones poblacionales y de calidad de vida generados a partir de informaciones censales. Incluyen resultados provenientes de distancias a equipamientos sociales y características sobre la población residente, como son la renta, nivel de instrucción, edad, etc. Por último, la dimensión ambiental integra indicadores relacionados con variables del medio físico o factores causantes de desastres naturales.

Indicadores de sostenibilidad territorial aplicados al planeamiento de ciudades medias (Comuna de Tomé, Chile)

Como en las anteriores experiencias, el trabajo se inició tratando de identificar los atributos de una planificación urbana para la sostenibilidad, en el supuesto de que genera un modelo concreto de ciudad e incide directamente en el consumo de suelo, energía, las necesidades de transporte y la distribución de los equipamientos. Esos atributos se han de adaptar a las categorías y los objetivos de zonificación del plan. En el caso del Plan Regulador de la Comuna de Tomé, las zonas del plan definen el suelo *urbano consolidado*, el *suelo urbanizable* y el *no urbanizable*. Cada una de ellas contribuiría a la sostenibilidad del modelo urbano si:

- *En las áreas de suelo urbano consolidado existe/n:*
 - Una estructura urbana compacta y espacialmente continua.
 - Densidades residenciales medias.
 - Optimización del suelo urbano, reutilización, renovación urbana, recuperación de zonas degradadas y abandonadas.

- Mezcla o coexistencia espacial de usos de suelo (usos residenciales junto a servicios públicos, comercio y otros); lo que se traduce en evitar una terciarización que reduzca o expulse el uso residencial.
- Movilidad y transporte público integrado con los usos de suelo.
- Conservación del patrimonio cultural.
- *En las áreas de suelo urbanizable:*
 - Se favorecen densidades residenciales medias y bajas, evitando un crecimiento disperso, difuso o con presencia de barreras.
 - Se evita la proximidad de usos incompatibles y la ocupación en zonas de riesgo.
 - Se respetan las tierras de uso agrícola y forestal de interés o gran fertilidad y los espacios rurales o naturales valiosos.
 - Se diseñan como un espacio de transición entre el tejido urbano y el rural que proporcione la reserva necesaria de espacio para el crecimiento.
- *En las áreas de suelo restringido:*
 - Se conservar la biodiversidad y el patrimonio natural.
 - Se previene la ocupación en áreas de riesgos naturales y tecnológicos.
 - Se preservan las áreas de alto valor productivo agrario, forestal o paisajístico.
 - Se protegen los sistemas hídricos.
- *Como complemento, las áreas de equipamiento y áreas verdes previstas:*
 - Deben abastecer a la población y responder a una buena localización espacial.

Distribución de Usos y Estructura Física
<ul style="list-style-type: none">• Densidad de Población (Hab./Ha.)• Mezcla de Usos de Suelo (%)• Proximidad a equipamientos (m.)
Consumo de Suelo
<ul style="list-style-type: none">• Consumo de suelo en nuevas áreas urbanas (%)• Superficie urbanizable en áreas no aptas al crecimiento (%)• Urbanización en el borde costero (m.)
Calidad ambiental
<ul style="list-style-type: none">• Suelo no construido y protegido (%)• Población en riesgo natural (%)• Superficie en riesgo natural (%)• Suelo protegido por valor natural (%)• Población con acceso a zonas verdes a una distancia de 500 m. (%)

Tabla 4.- Componentes e indicadores de sostenibilidad aplicados al planeamiento de ciudades medias (Chile)

CONCLUSIONES

Todas las experiencias mostradas aquí son un primer ensayo que necesita desarrollarse y depurarse. Si, de verdad, esa 'sostenibilidad fuerte' de base ecológica parece la posición más razonable, habrá que hacer un esfuerzo para traducir algunos de los indicadores planteados en medidas de sostenibilidad ecológica global, plantear otros para aspectos hasta ahora olvidados, hacer un esfuerzo de homogeneización con sistemas de indicadores reconocidos a nivel internacional ... No obstante, queremos destacar dos convicciones surgidas de estas experiencias.

- La sostenibilidad de las ciudades ha de valorarse en un contexto más amplio, de escala regional; los instrumentos de planificación han de adaptarse asimismo a este cambio de escala impuesto por la dinámica urbana actual.
- Los modelos territoriales sintetizan las orientaciones del desarrollo residencial, produc-

tivo y de las infraestructuras. Su estudio, análisis y clasificación nos permitirá un acercamiento transversal a valores de eficiencia y equidad en las distintas dimensiones de la sostenibilidad. Hemos de hacer aún un importante esfuerzo de caracterización y evaluación de esos modelos desde criterios de sostenibilidad. En este sentido, entendemos que el camino emprendido puede ser enormemente fructífero.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo no podría haber sido escrito sin el trabajo y la inspiración de María Ángeles Díaz Muñoz. Con ella hemos dado los primeros pasos en este apasionante tema y en su memoria esperamos seguir buscando ese habitat más humano del Planeta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberti, M. y V. Bettini (1998). Sistemas urbanos e indicadores de sostenibilidad. *Elementos de ecología urbana*. V. Bettini, Madrid, Ed. Trotta: 183-214.
- Alberti, M. y L. Susskind (1996). Managing Urban Sustainability: An Introduction to the Special Issue. *Environmental Impact Assessment Review* 16: 213-221.
- Alfsen, K. y M. Greker (2007). From natural resources and environmental accounting to construction of indicators for sustainable development. *Ecological Economics* 61: 600-610.
- Balocco, C. y G. Grazzini (2006). Sustainability and information in urban system analysis. *Energy Policy* 34: 2905-2914.
- Blanco, H.; F. Wautiez; A. Llaveró y C. Riveros (2001). Indicadores de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios? *Estudios urbanos regionales EURE* 27: 85-95.
- Burton, E. (2001). The Compact City and Social Justice. *Housing, Environment and Sustainability*, University of York.
- Carew, A.L. y C.A. Mitchell (2008). Teaching sustainability as a contested concept: capitalizing on variation in engineering educators' conceptions of environmental, social and economic sustainability. *Journal of Cleaner Production* 16: 105-115.
- Caride, J. A. (2001). *Educación ambiental y desarrollo humano Barcelona*, Ariel.
- Carsjens, G. y A. Ligtenberg (2006). A GIS - based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning* 80: 72-83.
- Chen, H.Y.; B.S. Jia y S.S.Y. Lau (2008). Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. *Habitat International* 32: 28-40.
- Díaz, M.Á.; C. Cantergiani; M.J. Salado; C. Rojas y S. Gutiérrez (2007a). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para la movilidad y el transporte urbanos. Aplicación mediante SIG a la ciudad de Alcalá de Henares. *Cuadernos de Geografía Universidad de Valencia*, (en prensa).
- Díaz, M.Á.; M.J. Salado; C. Rojas; C. Cantergiani y S. Gutiérrez (2007b). Sobre la sostenibilidad de los Modelos Territoriales Urbanos. Experiencias y Reflexiones. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica CXLII*, (en prensa).
- Folch, R., Ed. (2003). *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona, Diputación de Barcelona.
- Font, A., Ed. (2003). *Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación Barcelona*, Diputación de Barcelona.
- Franchini, T. y A. Dal Cin (2000). Indicadores urbanos y Sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales* 123: 41-55.
- Generalitat de Catalunya y Universidad Politécnica de Catalunya, Ed. (2003). *Estudi de*

criteris ambientals per a la redacció del pla-neajament urbanístic. Barcelona.

Gilbert, R.; N. Irwin; B. Hollingworth y P. Blais (2002) *Sustainable Transportation Performance Indicators*, Centre for Sustainable Transportation, www.cstctd.org

González, M. J. y M.L. de Lázaro (2005). Indicadores Básicos para la Planificación de la Sostenibilidad Urbana Local. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* 3W X(586).

Gudmundsson, H. (2001) *Indicators and performance measures for Transportation, Environment and sustainability in North America*, Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute. http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/default.asp

Gudmundsson, H. (2003) "Dar a los conceptos la importancia que les corresponde. Movilidad sostenible y sistemas de indicadores en la política de transporte", *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, nº 176, pp. 26-52.

Hasse, J.E. y R.G. Lathrop (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography* 23(2-3): 159-175.

Litman, T. A. (2005) *Sustainable Transport Indicators*, Victoria, Canadá, Victoria Transport Policy Institute www.vtpi.org

Maestu, J.; F. Prats; I. Velásquez; G. del Acamara; I. Blanco; M. Rodríguez; M. Disougi y M. Naredo (2003). *Bases para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos urbanos*. Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de España (2006). *Estrategia de Medio Ambiente Urbano*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.

Naredo, J. M. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Primer catálogo español de buenas prácticas*. Madrid, Ministerio de Fomento. I: 21-28.

Nunes da Silva, F. (2001) "Políticas de transportes para um ambiente urbano sustentable" en *Actas dos VII Cursos Internacionais de Verao de Cascais. Vol. 2 A cidade*. Cascais, Câmara de Cascais.

Ooi, G. (2005). *Sustainability and Cities Concept and Assessment*. Singapore.

Observatorio de la Sostenibilidad de España, OSE (2006): *Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad. Estudio realizado a partir del proyecto CORINE LAND COVER*, Observatorio de la Sostenibilidad de España, Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Fomento, 485 p.

Otero, I.; E. Varela; S. Mancebo y M.B. García (2006). Modelo de localización de áreas potencialmente urbanizables: aplicación al Corredor del Henares (Guadalajara). *Ciudad y territorio: Estudios territoriales* 148: 331-352.

Pauchard, A.; M. Aguayo; E. Peña y R. Urrutia (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast - growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127: 272- 281.

- Pope, J.; D. Annandale y A. Morrison-Saunders (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environ Impact Assess Rev* 24: 595-616.
- Quiroga, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos CEPAL ECLAC
- Repetti, A. y G. Desthieux (2006). A Relational Indicatorset Model for urban land-use planning and management: Methodological approach and application in two case studies. *Landscape and Urban Planning* 77: 196 - 215.
- Robinson, J. (2004). Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development. *Ecological Economics* 48: 369-384.
- Rojas, C. y M.Á. Díaz (2007). Hacia la Evaluación de la sostenibilidad del Desarrollo Urbano. Propuesta de un sistema de indicadores soportados en SIG y aplicación al modelo de Ocupación de Suelo establecido en el Plan Regulador de la ciudad de Tomé. XX Congreso de Geógrafos Españoles "La Geografía en la frontera de los conocimientos", Universidad Internacional de Andalucía, Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad Pablo de Olavide.
- Rojas, C.; M.Á. Díaz y E. Jaque (2006). Diseño de un sistema de indicadores de planeamiento urbano sostenible aplicado al Plan Regulador Comunal de Tomé. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 184-189.
- Romero, H.; X. Toledo; F. Ordenes y A. Vásquez (2001). Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo* XVII(4): 45-51.
- Rueda, S. (1996). La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. *Primer catálogo español de buenas prácticas*. Madrid, Ministerio de Fomento. I: 69-80.
- Rueda, S. (2002). *Barcelona, ciudad mediterránea, compacta y compleja: una visión de futuro más sostenible*. Ayuntamiento de Barcelona Agencia de Ecología Urbana.
- Salado, M. J.; M.Á. Díaz; J. Bosque; C. Cantergiani; C. Rojas; F. Jiménez; I. Barnett; C. Fernández y C. Muñoz (2005). "Movilidad Sostenible y SIG. Propuesta de evaluación del transporte público en Alcalá de Henares". *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*. (M. Camacho, J. Cañete y J. Lara, Eds.), Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica de la Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Granada: 1777-1794.
- Shane, M. y T. Graedel (2000). Urban Environmental Sustainability Metrics: A provisional Set. *Journal of Environmental Planning and Management* 43(5): 643-663.
- Sorensen, A.; P.J. Marcotullio y J. Grant (2005). *Towards sustainable cities*. Londres. Ashgate.
- SUMMA. SUsustainable Mobility, policy Measures and Assessment <http://www.summa-eu.org/> (consultado mayo, 2006).
- Vásquez, A.; S. Riveros y H. Romero (2005). Sustentabilidad del Desarrollo Urbano del Gran

Concepción. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas (Ed.) *XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía*. Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Winchester, L. (2006). Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y El Caribe. *Estudios urbanos regionales EURE* 32: 7-25.