

Área Metropolitana de Concepción: algunas dinámicas espaciales relacionadas a la sostenibilidad urbana

Joan Carles Martori

Related papers

[Download a PDF Pack](#) of the best related papers 



[Medidas para la valoración de la sostenibilidad de los territorios metropolitanos: aplicación al ...](#)
Joan Carles Martori

[Modelos Territoriales y Sistema de Indicadores de Sostenibilidad: Valoración crítica de algunas experi...](#)
Carolina Cantergiani de Carvalho

[La Ciudad es Esto. Medición y representación espacial para ciudades compactas y sustentables.](#)
M. Augusta Hermida, christian calle, Pablo Osorio, Daniel Orellana, Natasha Cabrera



ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN: ALGUNAS DINÁMICAS ESPACIALES RELACIONADAS A LA SOSTENIBILIDAD URBANA

CAROLINA ALEJANDRA ROJAS QUEZADA¹
MARÍA JESÚS SALADO GARCÍA²
JOAN PINO VILALTA³
JOAN CARLES MARTORI⁴

Dada la dinámica de crecimiento reciente de las ciudades y de las áreas metropolitanas, parece razonable trasladar el debate acerca de la llamada sostenibilidad urbana a una escala territorial (Diamantini & Zanon, 2000; Folch, 2003; Font, 2003). Hoy la ciudad no solo consume recursos externos provenientes de un área de influencia más o menos cercana, sino que su huella sobre las áreas periurbanas y rurales cercanas es cada vez más polimórfica y extensa.

Como es sabido, el contenido de esa sostenibilidad urbana se deduce de la aplicación de los principios del desarrollo sostenible a la ciudad. Así, recordando la conocida definición de la comisión Brundtland (1987), se podría entender por desarrollo urbano sostenible aquel que asegure, tanto para el presente como para las generaciones futuras, un entorno urbano de calidad, un ambiente saludable para la vida y el trabajo, infraestructuras de abastecimiento y saneamiento satisfactorias, servicios adecuados para el desarrollo social y económico y relaciones ecológicas equilibradas con los ecosistemas locales y globales (Sorensen *et al.*, 2005).

¹ Departamento de Geografía, Universidad de Concepción (Chile). E-mail: crojasq@udec.cl

² Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá (España). E-mail: mariaj.salado@uah.es

³ Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Universidad Autónoma de Barcelona (España). E-mail: joan.pino@uab.cat

⁴ Universidad de Vic, Vic (España). E-mail: martori@uvic.es

Sin embargo, el actual ritmo de crecimiento y de dispersión de las manchas urbanizadas parece estar transfiriendo pesadas cargas ambientales a las generaciones venideras, conculcando así uno de los principios básicos del desarrollo sostenible (Winchester, 2006). Tampoco está claro que los modelos urbanos y territoriales que se construyen sean, a medio y largo plazo, los más eficientes desde el punto de vista económico o, incluso, los que mejor favorezcan hoy la cohesión y la inclusividad social.

Insistiendo en esa relación entre la sostenibilidad y los modelos territoriales, la estrategia territorial europea considera la ordenación de la estructura espacial de infraestructuras y asentamientos, un instrumento clave de la deseable cohesión económica y social y de la necesaria conservación del patrimonio natural y cultural (Comisión Europea, 1999). Del mismo modo, numerosos trabajos científicos, solo por mencionar algunos como los de Franchini y Dal Cin (2000), Shane & Graedel (2000), Rueda (2002), Generalitat de Catalunya y Universidad Politécnica de Catalunya (2003), López & Hynes (2003), Maestu *et al.* (2002), González y De Lázaro y Torres (2005), Balocco & Grazzini (2006), Carsjens & Ligtenberg (2006), Zhang & Guindon (2006), señalan como atributos espaciales de una estructura urbana y territorial más sostenible:

- Una utilización racional del recurso suelo, tratando de reducir la expansión urbana, promoviendo el reciclaje de tejidos urbanos preexistentes y evitando los desarrollos urbanísticos de baja densidad;
- Una conjunción entre las necesidades de crecimiento y la preservación de valores naturales y culturales;
- Una estructura urbana compacta y abarcable;
- Una ordenación de las actividades que favorezca la proximidad a los ciudadanos y una distribución equitativa de los recursos;
- Un territorio donde se favorezcan las mezclas de grupos sociales, usos de suelo y funciones urbanas.

Obviamente, no existe unanimidad absoluta sobre la relación directa entre los atributos citados y la sostenibilidad urbana. Hay quien destaca que la alta densidad de habitantes y actividades genera externalidades negativas (ruidos, polución, entre otras) difícilmente asimilables a la calidad de vida y, por tanto, a la sostenibilidad urbana (Carsjens & Ligtenberg, 2006). No obstante, la mayor parte de la literatura revisada parece señalar como más sostenible un modelo territorial basado en una ciudad densa, continua, multifuncional, heterogénea y diversa en toda su extensión; un modelo que favorece un aumento de la complejidad interna, una vida social cohesionada, una economía competitiva, un ahorro del suelo, energía y recursos materiales y una más fácil preservación de los sistemas agrícolas y naturales (Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de España, 2006; Rueda, 2002).

Traducir estos principios para aplicarlos sobre ámbitos espaciales más amplios significa, sin duda, un nuevo reto de los estudios urbanos (Lee & Huang, 2007). A escala metropolitana, ese renacimiento urbano podría basarse en desarrollos de media-alta densidad nucleados

en torno a los centros de actividad e intercambiadores de transporte público; un modelo policéntrico, en definitiva (Hall, 2007).

En este estudio se asume que un modelo territorial metropolitano es más sostenible si tiende a la integración socioeconómica entre los asentamientos urbanos en crecimiento y mantiene un uso eficiente de los recursos naturales que necesita, manteniendo una relación equilibrada entre las dimensiones del desarrollo sostenible. El interés se centrará en la búsqueda de medidas que permitan hacer operativa esa sostenibilidad territorial.

Los indicadores para la sostenibilidad

Hasta el momento, los indicadores han resultado ser instrumentos muy atractivos para la medición de los avances hacia la sostenibilidad de un territorio determinado. Entre otras ventajas se ha destacado el que proporciona un sencillo vehículo de comunicación entre expertos, agentes decisores y opinión pública (Alberti & Suskind, 1996).

En general se han enfocado a la evaluación del balance entre los elementos naturales, artificiales y culturales que determinan la calidad de vida urbana (Ooi, 2005), a menudo aplicados a escala nacional (Alfsen & Greaker, 2007; Blanco *et al.*, 2001; Moran *et al.*, 2008; Nourry, 2008; Siche *et al.*, 2008) o local (Shane & Graedel, 2000; Balocco & Grazini, 2006; Carsjens & Ligtenberg, 2006). Abordar la escala metropolitana pretende ser una de las aportaciones de este trabajo.

A escala local, la revisión de algunas experiencias permite distinguir dos tipos de indicadores:

1. Indicadores de sostenibilidad de la ciudad existente o de evaluación y diagnóstico de sostenibilidad urbana en un momento temporal determinado. Los estudios de Shane & Graedel (2000), Vásquez *et al.* (2005) y Pauchard *et al.* (2006) apuntan principalmente a la utilización de índices de sustentabilidad ambiental; diseñados específicamente como indicadores de sostenibilidad urbana, se destacan los de Zhang & Guindon (2006), principalmente por representar la relación entre los usos de suelo, formas urbanas, transporte y consumo de energía.
2. Indicadores de sostenibilidad de o para la planificación de la ciudad con un fin más prospectivo y de evaluación ambiental estratégica. Los métodos de Carsjens & Ligtenberg (2006), Repetti & Desthieux (2006) son propuestas que se incorporan en el proceso de planificación; en cambio, Marull *et al.* (2007) y Rojas *et al.* (2008) se refieren a la evaluación de un plan en concreto.

A pesar de su difusión, los indicadores han sido cuestionados en numerosos estudios por su uso como mera constatación de la insostenibilidad del modelo de desarrollo actual de nuestras ciudades (González y De Lázaro y Torres, 2005) o por la pluralidad de sistemas de indicadores existente y su consecuente falta de comparabilidad. En este contexto, este estudio tiene por objetivo realizar una evaluación de la situación de sostenibilidad del modelo territorial metropolitano del Área Metropolitana de Concepción (Biobío, Chile, en adelante

AMC), territorio costero delimitado por los límites establecidos en su Plan Regulador Metropolitano por 11 comunas (Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de la Paz, Santa Juana, Talcahuano y Tomé), aparentemente muy relacionadas, que concentran un volumen de población superior a los 900 mil habitantes y una superficie de 2.830 km² (MINVU, 2003). Producto de su acelerado crecimiento urbano, en el AMC han surgido interesantes y delatorias iniciativas que han diagnosticado una pérdida de calidad ambiental, biodiversidad y una progresiva disminución de la superficie ocupada por humedales (Vásquez *et al.*, 2005; Pauchard *et al.*, 2006; Smith y Romero, 2009). Finalmente se utilizan índices espaciales cuantitativos implementados en un Sistema de Información Geográfica (en adelante SIG), diseñados sobre criterios de sostenibilidad y fácilmente replicables en otros contextos geográficos metropolitanos.

Metodología

Criterios de sostenibilidad territorial

Sobre la base de la literatura revisada y el conocimiento del territorio, el siguiente conjunto de criterios intenta traducir esos principios orientadores de un desarrollo urbano más sostenible asumidos anteriormente:

- Criterio N° 1: Se supone más sostenible un modelo de crecimiento menos disperso y con mayor mezcla de usos y funciones como forma de crecimiento de las ciudades del AMC. Núcleos compactos de tamaño controlado que eviten la excesiva fragmentación y que procuren densidades altas en los centros y en áreas accesibles a transporte público.
- Criterio N° 2: Se supone más sostenible un modelo de crecimiento urbano integrado con el medio natural y rural que minimice el consumo de recursos naturales, tienda a no ocupar suelos de alto valor ecológico, productividades agrícolas y/o afectadas por riesgos naturales y que mantenga la conectividad de los hábitats, evitando la fragmentación.
- Criterio N° 3: Se supone más sostenible un sistema de asentamientos jerarquizado, con una buena conectividad que privilegie el uso de redes de transporte público. Ello permitirá una adecuada y más equitativa accesibilidad de la población a los recursos territoriales y una menor dependencia del transporte privado, asociado al aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera.
- Criterio N° 4: Se supone más sostenible un modelo metropolitano con una distribución espacial más igualitaria de los grupos sociales, sin grandes diferencias entre zonas residenciales en cuanto a calidad y acceso a la vivienda.

Selección de indicadores

Conscientes de que ningún indicador por sí solo puede reflejar todos los aspectos de la sostenibilidad (Nourry, 2008; Zhang & Guindon, 2006) y ajustándose a los criterios señalados, se seleccionaron una serie de indicadores, resumidos más tarde en cuatro índices sinté-

ticos (Cuadro N° 1). A diferencia de la mayor parte de los indicadores publicados, centrados en medir el consumo energético, el nivel de emisiones contaminantes o la calidad ambiental (Böhringer & Jochem, 2007; Shane & Graedel, 2000; Walsh *et al.*, 2006), los propuestos aquí son indicadores de base territorial. Representarían, por tanto, la relación entre la estructura física del área metropolitana o modelo de ocupación de suelo y la estructura funcional o modelo de usos de suelo. En la base de esa decisión se encuentra el supuesto de que la causa, al menos parcial, de esos niveles de consumo energético es, precisamente, esa estructura territorial. Dicho de otro modo, que distintos modelos de distribución espacial de las coberturas y usos del suelo pueden ser evaluadas con diferentes grados de sostenibilidad.

Cuadro N° 1
Indicadores territoriales

Criterio	Índice sintético	Descripción indicadores	Evolución deseable	Información clave
1	Dispersión del crecimiento urbano (ID)	Grado de dispersión de las manchas de crecimiento urbano. Se mide con cuatro índices: Compacidad (IC), Centralidad (ICc y ICbc) y Densidad (IDE)	Un espacio urbanizado más denso y compacto en los centros y de densidades medias en las periferias sin altos costes de desplazamientos	Usos de suelo Población
2	Conectividad del paisaje (ICP)	Grado de fragmentación de los hábitats como producto de la urbanización. Se mide la capacidad de dispersión de las especies, por medio de la Conectividad Ecológica entre los hábitats (ICE)	Un modelo que mantenga la conectividad funcional y conserve la integridad ecológica de los sistemas naturales	Usos de suelo Población Redes de transporte
3	Movilidad (IM)	Grado de integración de los centros en función del uso del transporte público. Se mide en las zonas de transporte.	Un modelo de accesibilidad que privilegia el transporte público	Población Redes de transporte público
4	Segregación Residencial (IS)	Nivel de desigualdad en la distribución de la población entre las diferentes zonas residenciales. Se mide en dos tipos de pobreza: Crítica (PC) e Inercial (PI).	Un modelo menos segregado socioespacialmente, con mayor diversidad intrazonal y mayor igualdad interzonal.	Condición socio-económica de la población

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, como se puede apreciar en la última columna del Cuadro N° 1, la información clave para su elaboración puede reunirse con cierta facilidad para muchas ciudades y áreas metropolitanas, sin necesidad de acudir a costosas campañas de recogida de datos sobre el terreno. Se considera, por tanto, que el sistema de indicadores aquí propuesto puede ser fácilmente replicable en otros contextos geográficos.

Como se ha mencionado, los indicadores seleccionados se asumen como medidas ejemplos de los criterios referidos. Además, responden a inquietudes y problemáticas actuales y discutidas en el área de estudio (Rojas *et al.*, 2006), dado el acelerado crecimiento de los últimos años ha provocado importantes impactos naturales y socioeconómicos. Por un lado, se han producido alteraciones y pérdidas en el ecosistema, por otro, ha comenzado el debate sobre los efectos de los nuevos desarrollos inmobiliarios en la creciente segregación socioespacial.

Modelización espacial de los indicadores

Datos

La principal fuente de información para el cálculo de los indicadores territoriales es el mapa de ocupación de suelo del AMC. Dado que la versión disponible más reciente procede del catastro de usos del suelo y vegetación del año 1998, elaborado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), se procede a realizar una actualización de este mapa con la superficie urbana obtenida por medio de técnicas de teledetección aplicadas a una imagen ETM-Landsat del año 2001 (Rojas *et al.*, 2009) y con las infraestructuras de transporte del catastro del PRMC (2003), representadas espacialmente por su atributo de ancho de vía. Así se genera un mapa raster de 36 clases, que se agrupan posteriormente en 13. El mapa resultado es una imagen con una resolución espacial de 30 x 30 m (Figura N° 1).

Los datos de población y niveles de pobreza que provienen del Censo de Población y Vivienda (INE, 2002), agregados en los distritos censales (escala 1:50.000). Los datos de movilidad (disponibles solo para el área urbanizada) se extraen de la encuesta origen-destino del año 1999, que agrega los datos en zonas de transporte (SECTRA, 1999), posteriormente integrados en los distritos censales.

Indicadores territoriales

a) Dispersión de Crecimiento Urbano (ID): en la literatura revisada se analizan distintos aspectos de la dispersión urbana aplicando índices de forma, densidad y centralidad o distancia a zonas urbanas e infraestructuras de transporte (Galster *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 2007; Irwin & Bockstael, 2007; Zhang & Guindon, 2006). En esta propuesta se trabaja con tres de las dimensiones propuestas para el estudio del *urban sprawl* en Galster *et al.* (2001): Compacidad, Densidad y Centralidad.

Figura N° 1
Mapa de ocupación del suelo



Fuente: Elaboración propia en base a datos del mapa usos del suelo CONAF de 1998, áreas urbanas de 2001 y carreteras del catastro del PRMC de 2003.

La compactación es una relación entre el área y perímetro de cada una de las formas urbanas, su cálculo se obtiene de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{P_i}{2\sqrt{\pi A_i}} \quad (1)$$

Se asume que mientras más circular es la forma, más compacta es. La densidad de habitantes por hectáreas se calcula sobre un mapa interpolado mediante la estimación de densidad por la función de agrupamiento *Kernel*, disponible en la extensión *Spatial Analyst* de ArcGIS. Posteriormente, se calcula la centralidad mediante dos funciones de proximidad o distancias euclidianas: la primera mide la distancia desde cada una de las manchas urbanas al centroide de la mancha principal, la segunda desde los centroides de las manchas hacia el perímetro de borde de la mancha central del año 1990.

b) Conectividad del paisaje (ICP): su tratamiento se ha resuelto mediante la aplicación de índices de conectividad ecológica, relacionados con la medición de los costes de desplazamiento de las especies entre los hábitats (Marull y Mallarach, 2002; Marull & Mallarach, 2005; Marull *et al.*, 2007). En la propuesta se trabaja sobre las coberturas del paisaje natural, es decir, los tipos forestales y naturales, conformados por las categorías de bosque nativo, renovales, matorrales y praderas. El indicador pretende medir, mediante un Índice de Conectividad Ecológica (ICE) el grado en que las coberturas del paisaje ven afectada su funcionalidad ecológica por causa de la urbanización.

El ICE mide la dificultad del movimiento de los organismos entre los hábitats. Se basa en el cálculo de la distancia o, más frecuentemente, del coste de desplazamiento entre los hábitats (Adriaensen *et al.*, 2003; Foltête *et al.*, 2008; Sastre *et al.*, 2002). La función *cost distance* empleada (dentro de la extensión *Spatial Analyst* de ArcGIS 9.2) parte de una superficie de origen (coberturas forestales y naturales) y de una superficie de impedancia que expresa la resistencia de las distintas coberturas a ser atravesadas, este se expresa en un mapa de fricción entre los hábitats. Este mapa representa la disposición de elementos espaciales como barreras que determinan la resistencia al flujo o movimiento de las especies, energía y material.

Los resultados representan el coste acumulado de un supuesto viaje de cada clase de cobertura hacia cualquier punto del territorio pasando por la matriz de fricción. En términos de análisis, el ICE se define como la media aritmética de los costes de las cuatro coberturas:

$$ICE = \frac{CostDistance_i}{\sum_{i=1}^4 CostDistance} \quad (2)$$

c) Movilidad (IM): En los estudios revisados, la movilidad se ha analizado por medio de las encuestas origen-destino (Díaz *et al.*, 2002; Gutiérrez y García-Palomares, 2005; Gutié-

rrez & García-Palomares, 2007) e indicadores específicos de movilidad (Díaz *et al.*, 2007) y accesibilidad del transporte público y privado (Kwok & Yeh, 2004). En este caso, utilizando los datos de la encuesta de movilidad (EOD) y continuando con la línea iniciada en trabajos anteriores (Díaz *et al.*, 2007; Salado *et al.*, 2006), se presenta el siguiente índice para cada una de las zonas de transporte:

$$IM = \frac{VPU - VPR}{VPU + VPR} \quad (3)$$

Donde *VPU* es la proporción de viajes en transporte público y *VPR* la proporción de viajes en transporte privado. Su resultado varía entre -1 y 1; se obtendrán valores negativos si los viajes en transporte público son menores que los en transporte privado y viceversa.

d) Segregación residencial (ISR): para calcular este índice existen medidas concretas basadas en las relaciones de igualdad, exposición, concentración y centralización de grupos de población (Martori y Hoberg, 2004; Martori *et al.*, 2006). De los índices presentados en Martori y Hoberg (2004), se aplica el índice de desigualdad corregido por la forma (Wong, 1999; Wong, 2003). Este índice compara proporciones de grupos de población en el espacio urbano, donde la geometría de las unidades, en este caso los distritos censales, afecta a la probabilidad de interacción entre individuos de diferentes grupos de población en unidades vecinas.

El índice se aplica a los grupos de población en situación de pobreza (definidos en Atlas Socioambiental del AMC; Rojas *et al.*, 2006), y se representa en la siguiente ecuación:

$$ISR = D - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |Z_i - Z_j| \frac{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{p_i}{a_i} \right) + \left(\frac{p_j}{a_j} \right) \right]}{\max \left(\frac{p_i}{a_i} \right)} \quad (4)$$

Donde:

D: clásico índice de disimilitud o segregación⁵,

W: matriz de contactos entre el distrito *i* y el distrito *j*,

Z: proporciones de población pobre en *i* y *j*.

⁵ Índice de igualdad que mide la distribución de dos grupos de población y se define como $D = \frac{1}{2} \sum_i \left| \frac{x_i}{X} - \frac{y_i}{Y} \right|$

Donde:

x_i: población de grupo minoritario en el Distrito *i*

X: población total del grupo minoritario en la comuna

y_i: número de individuos del grupo mayoritario en el Distrito *i*

Y: total de población de este grupo en la comuna.

Los resultados oscilan entre 0 (mínima segregación) y 1 (máxima segregación): un grupo de población se encuentra segregado si no está repartido de forma igual en los distritos censales; si el resultado es 0, el grupo minoritario está repartido de igual forma en el territorio (Martori y Hoberg, 2004).

El cociente entre el perímetro p y el área a se denomina compacidad, esta es mínima cuando el cociente es máximo, y a más compacidad, menos probabilidad de interacción. Para realizar el cálculo se utiliza la extensión *Segregation Analyzer* desarrollada para Arc-GIS, que mostrará una distribución más o menos homogénea de ese grupo entre los distintos distritos.

Resultados

El AMC es un conglomerado urbano de 902 mil habitantes asentados en ciudades de tamaño medio, emplazadas en el borde costero, cuyo núcleo superior o capital Concepción bordea los 250 mil habitantes. Según los resultados obtenidos, presentados en un cuadro resumen (Cuadro N° 2), el modelo de crecimiento da cuenta de un fenómeno disperso, complejo, de baja densidad (60 habitantes por hectárea), estas características en general se consideran como una situación espacialmente desfavorable (Zhang & Guindon, 2006).

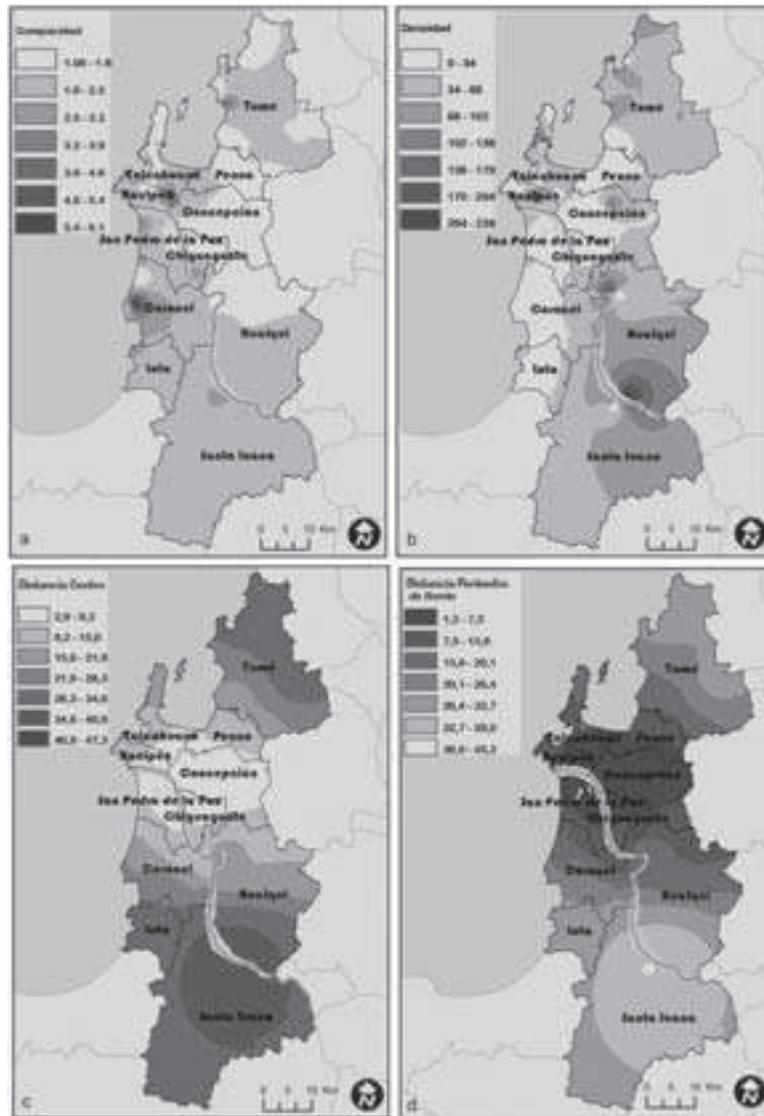
Cuadro N° 2
Resumen de resultados de los indicadores

Índice	Indicadores	Rango	Resultado	Interpretación+Sostenibilidad	
ID	IC	1-n	0,58	Más cercano a 1	
	ICc		17,24 km*	Más cercano a 100 hab/ha	
	ICbc		14,80 km*		
	IDE		62,78 hab/ha		
ICP	ICE bosque		122,55km*		
	ICE renoval		111,64 km*		
	ICE matorral		89,03 km*		
	ICE praderas		94,02 km*		
IM		-1-+1	0,56*	Más cercano a 1	
IS	PC		0-1	0,27	Más cercano a 0
	PI		0-1	0,33	Más cercano a 0

*Corresponde a la media aritmética.
Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar el indicador de dispersión permite reconocer una morfología dominada por una conurbación central, es decir, un fenómeno de mancha de aceite que se esparce por los límites periféricos de los espacios históricamente consolidados y hacia los cerros. La

Figura N° 2
Mapas compacidad, densidad (hab/ha), distancia al centro y al perímetro de borde (km)



Fuente: Elaboración propia.

compacidad de la forma se incrementa en los espacios menos urbanizados (valores < 3) y alejados de la conurbación central, que si bien está concentrada, es reflejo de un perímetro extenso y muy irregular, factores que sin duda influyen en el hecho que sea la forma más alejada a 1 o la compacidad perfecta (valores > 5). La densidad en la zona más urbanizada es baja (< 50 habitantes por hectárea), si se considera una media de 100 habitantes por hectáreas, esta tiende al aumento en las zonas rurales más alejadas de la complejidad de la urbanización central (> 70 habitantes por hectárea). Las distancias se comportan de forma similar, indicando que la configuración de áreas urbanas se organiza a una distancia media de 15 km y máximas por sobre los 40 km, esto indica una organización concentrada de extensión horizontal (Figura N° 2).

Este modelo de aglomeración dispersa ha contribuido a la pérdida de conectividad y funcionalidad del paisaje, producto de los terrenos que ha privilegiado para su extensión (sectores de cerros y áreas de borde con plantaciones forestales, matorrales, vegetación mixta y praderas naturales). La conectividad ecológica es un factor vital e importantísimo para el paisaje, ya que permite conocer qué tan bien conectados están los hábitats. Los resultados indican que las áreas urbanas se expanden fundamentalmente a costa de la pérdida de superficies de praderas, plantaciones, humedales y matorrales, en terrenos vulnerables y de valor ecológico el desplazamiento de las especies y su intercambio de materiales y de energía. De acuerdo con los resultados de conectividad, las coberturas de bosque nativo y renoval tiene un costo más alto, entonces son las más perjudicadas por la urbanización, seguidas por los matorrales y las praderas con un costo menor, es importante recalcar que las praderas se muestran como las coberturas más permeables y adaptables al uso urbano. Si se suma la pérdida de vegetación más la extensión en cerros con mayor pendiente, claramente aumenta la probabilidad de peligro de deslizamiento.

Respecto a los efectos socioeconómicos, se señalará que la configuración dispersa y concentrada se ve muy condicionada por las infraestructuras de transporte, manifestando una estructura de crecimiento de tipo tentacular. Los resultados obtenidos en el índice de movilidad, que solo reflejan la relación entre el total de viajes, tienen aquí una leve ventaja sobre el transporte privado, especialmente en áreas cercanas a los centros urbanos de Concepción y Talcahuano. Únicamente en zonas periféricas de reciente aparición en las comunas de San Pedro de la Paz, Concepción y Chiguayante, con tejidos residenciales de alta calidad y baja densidad y una oferta de transporte público baja, los viajes en transporte privado son superiores a los realizados en transporte público. Lamentablemente este índice solo entrega una visión muy general y sesgada, ya que las zonas en las que fue calculado no representan todo el territorio metropolitano. El análisis de los patrones de movilidad es un tema a profundizar dada la tendencia mundial al alza en el uso de transporte privado y a la tenencia de vehículos.

Finalmente la segregación residencial condicionada por la forma en la que se localiza la población pobre, se ve favorecida por esta dispersión aglomerada, presentando valores por sobre el 50% de desigualdad en la distribución espacial. La población más pobre (crítica) representa el 3,5% de la población y el 27% de esta se encuentra viviendo en zonas segregadas. La pobreza inercial (15,95%) se distribuye de forma desigual, más aún que el grupo

anterior, este grupo de población necesita teóricamente que un 33% de su población se redistribuya en el territorio con el fin de alcanzar una localización espacial más uniforme y equitativa. Esta situación va en desmedro de la mixtura de usos e interacción entre los distintos grupos socioeconómicos.

Discusión y consideraciones finales

Uno de los valores de este trabajo es el de plantear la posibilidad de constatar la sostenibilidad de los modelos territoriales metropolitanos y de hacerlo mediante un sistema de indicadores de base territorial del que se explicitan principios y criterios orientadores.

Es cierto que el perfil territorial de los indicadores planteados los aleja de los indicadores de sostenibilidad más difundidos, marcadamente sectoriales, como la medición del consumo energético, emisiones de CO₂, desarrollo humano y huella ecológica (Böhringer & Jochem, 2007; Moran *et al.*, 2008; Nourry, 2008; Siche *et al.*, 2008). No obstante, es precisamente ese carácter el que permite integrar distintas dimensiones de la sostenibilidad, tanto en la fase de análisis y comprensión de los procesos activos en el área de estudio, como en la evaluación y planificación u orientación de los mismos.

Los indicadores ensayados aquí son además, como ya se ha dicho, fácilmente replicables en otros contextos debido a la relativa disponibilidad de los datos empleados: mapas de ocupación del suelo y coberturas vegetales, datos censales y de movilidad. Por otra parte, también los métodos de cálculo de los indicadores resultan accesibles a las funciones habituales en un Sistema de Información Geográfica.

Así, las medidas específicas aplicadas al AMC permiten reconocer un área metropolitana que es un fiel reflejo de nuevas transformaciones, producto de su dinámica reciente está experimentando un aumento de su superficie construida, asociada a un perímetro más bien complejo, aglomerado y disperso, este crecimiento está muy condicionado por factores ambientales como el borde costero, la hidrografía y los cordones montañosos cercanos, también por factores socioeconómicos como el aumento de la población y la creciente polarización socioespacial. La clara tendencia es un crecimiento influenciado por la localización de los centros principales que tiende a una evolución en formas más complejas hacia direcciones poco adecuadas, en general bajo la amenaza de riesgos naturales o con presencia de vegetación. Al parecer por estas dinámicas hacen que ambientalmente se vean agotadas sus posibilidades de crecimiento urbano.

Se ha podido mostrar cómo el crecimiento urbano incide directamente en aspectos socioeconómicos y ambientales. Ambiental, principalmente en la menor conectividad ecológica de las coberturas representadas por especies nativas, cuyas posibilidades de convivencia con las áreas urbanas es menor, esto seriamente implica una pérdida en la funcionalidad del paisaje. Por otra parte, el tipo de crecimiento residencial observado ha incrementado las distancias entre las nuevas manchas urbanas y el centro funcional del área metropolitana y parece haber favorecido un aumento en las distancias en la localización de los grupos sociales pobres, en desmedro de las mezclas urbanas y del uso del transporte público.

Se considera que los principales aportes del estudio apuntan a extender las posibilidades metodológicas de los diagnósticos metropolitanos desde la perspectiva de su sostenibilidad. Sin duda, la transversalidad del análisis y la planificación territorial puede ayudar a sintetizar y orientar aspectos clave de la sostenibilidad de los modelos urbanos y metropolitanos. A juicio de las conclusiones aquí presentadas, las dinámicas espaciales reflejan patrones de desarrollo medianamente sostenibles que requieren control para potenciar un futuro desarrollo espacial más justo y eficiente. Finalmente este trabajo pretendió aportar algunos métodos y unas someras reflexiones sobre este trascendental tema.

Cabe señalar que con la reciente aprobación del Proyecto FONDECYT de Iniciación N° 11090163 "Valoración del Territorio Metropolitano. Aproximaciones desde su Sostenibilidad y Evaluación Ambiental Estratégica", se podrá actualizar la información y obtener resultados de las dinámicas espaciales acontecidas hasta el año 2010.

Referencias bibliográficas

- ADRIAENSEN, F.; CHARDON, J. P.; DE BLUST, G.; SWINNEN, E.; VILLALBA, S.; GULINCK, H. & MATTHYSEN, E. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 2003, N° 64, p. 233-247.
- ALBERTI, M. & SUSSKIND, L. Managing urban sustainability: an introduction to the special issue. *Environmental Impact Assessment Review*, 1996, N° 16, p. 213-221.
- ALFSEN, K. & GREAKER, M. From natural resources and environmental accounting to construction of indicators for sustainable development. *Ecological Economics*, 2007, N° 61, p. 600-610.
- BALOCCO, C. & GRAZZINI, G. Sustainability and information in urban system analysis. *Energy Policy*, 2006, N° 34, p. 2905-2914.
- BLANCO, H.; WAUTIEZ, F.; LLAVERO, A. y RIVEROS, C. Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios?. *EURE*, 2001, vol. 27, N° 81, p. 85-95.
- BÖHRINGER, C. & JOCHEM, P. Measuring the immeasurable - A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*, 2007, N° 63, p. 1-8.
- CARSJENS, G. & LIGTENBERG, A. A GIS - based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 2006, N° 80, p. 72-83.
- COMISIÓN EUROPEA. *Estrategia Territorial Europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la Unión Europea*. Postdam: Comisión Europea, 1999. Disponible en Internet: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/pdf/sum_es.pdf
- DIAMANTINI, C. & ZANON, B. Planning the urban sustainable development The case of the plan for the province of Trento, Italy. *Environmental Impact Assessment Review*, 2000, N° 20, p. 299-310.
- DÍAZ, M. Á.; CANTERGIANI, C.; SALADO, M. J.; ROJAS, C. y GUTIÉRREZ, S. 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*, 2007, N° 81-82, p. 31-49.
- DÍAZ, M. Á.; JIMÉNEZ, F. y LORENTE, I. Estructura territorial y relaciones funcionales en el Corredor del Henares: una aproximación desde la movilidad diaria de la población. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 2002, N° 22, p. 301-327.
- FOLCH, R. (ed.) *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003.
- FOLTÊTE, J. C.; BERTHIER, K. y COSSON, J. F. Cost Distance defined by a topological function of landscape. *Ecological Modelling*, 2008, N° 210, p. 104-114.
- FONT, A. (ed.) *Planamiento urbanístico. De la controversia a la renovación*. Barcelona: Diputación de Barcelona, 2003.

- FRANCHINI, T. y DAL CIN, A. Indicadores urbanos y sostenibilidad. Hacia la definición de un umbral de consumo sostenible de suelo. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 2000, Nº 123, p. 41-55.
- GALSTER, G.; HANSON, R.; RATCLIFFE, M.; WOLMAN, M.; COLEMAN, S. & FREIHAGE, J. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 2001, Nº 12, p. 681-717.
- GENERALITAT DE CATALUNYA y UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA. *Estudi de criteris ambientals per a la redacció del planejament urbanístic*. Cataluña: Generalitat de Catalunya, 2003. Disponible en Internet: http://www.gencat.net/mediamb/sosten/estudi_criteris_ambientals_planejament.htm
- GONZÁLEZ, M. J. y DE LÁZARO Y TORRES, M. L. Indicadores Básicos para la Planificación de la Sostenibilidad Urbana Local. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Biblio 3W*, 2005, vol. X, Nº 586. Disponible en Internet: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-586.htm>
- GUTIÉRREZ, J. y GARCÍA-PALOMARES, J. Cambios en la movilidad en el área metropolitana de Madrid el creciente uso del transporte privado. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 2005, Nº 25, p. 331-351.
- GUTIÉRREZ, J. & GARCÍA-PALOMARES, J. New spatial patterns of mobility within the metropolitan area of Madrid: Towards more complex and dispersed flow networks. *Journal of Transport Geography*, 2007, Nº 15, p. 18-30.
- HALL, P. Planificación y Desarrollo Sostenible de las Regiones Capitales Metropolitanas. En: HALL, P. (ed.). *Congreso Regiones Capitales*. Madrid: Comunidad de Madrid, 2007, p. 25-47.
- HUANG, J.; LU, X. X. & SELLERS, J. M. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing". *Landscape and Urban Planning*, 2007, Nº 82, p. 184-197.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). *XVII Censo de población y VI de Vivienda*. Santiago: INE, 2002.
- IRWIN, E. & BOCKSTAEL, N. The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. *PNAS*, 2007, vol. 104, Nº 52, p. 20672-20677.
- KWOK, R. & YEH, A. The use of modal accessibility gap as an indicator for sustainable transport development. *Environment and Planning A*, 2004, Nº 36, p. 921-936.
- LEE, Y. J. & HUANG, CH. M. Sustainability index for Taipei. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007, Nº 27, p. 505-521.
- LÓPEZ, R. & HYNES, P. Sprawl in the 1990s. Measurement, Distribution, and Trends. *Urban Affairs Review*, 2003, Nº 38, p. 325-355.
- MAESTU, J.; PRATS, F.; VELÁSQUEZ, I.; DELA CÁMARA, G.; BLANCO, I.; RODRÍGUEZ, M.; DISOUGI, M. y NAREDO, M. *Bases para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos urbanos*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de España, 2002.
- MARTORI, J. y HOBERG, K. Indicadores cuantitativos de Segregación Residencial. El caso de la Población Inmigrante en Barcelona. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales Scripta Nova*, 2004, vol. VIII, Nº169. Disponible en Internet: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-169.htm>
- MARTORI, J.; HOBERG, K. y SURINACH, J. Población Inmigrante y Espacio Urbano. Indicadores de Segregación y Pautas de Localización. *EURE*, 2006, vol. 32, Nº 97, p. 49-62.
- MARULL, J. y MALLARACH, J. M. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. *Ecosistemas*, 2002, vol. XI, Nº 2. Disponible en Internet: <http://www.um.es/gtiweb/allmetadata/conectividad%20ecologica.htm>
- MARULL, J. & MALLARACH, J. M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. *Landscape and Urban Planning*, 2005, Nº 71, p. 243-262.
- MARULL, J.; PINO, J.; MALLARACH, J. M. & CORDOBILLA, M. J. A Land Suitability Index for Strategic Environmental Assessment in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 2007, Nº 81, p. 200-212.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE ESPAÑA. *Estrategia de Medio Ambiente Urbano*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2006. Disponible en Internet: <http://www.bcnecologia.net/documentos/estrategia.pdf>
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU). *Plan Regulador Metropolitano de Concepción. Memoria Explicativa*. Santiago: MINVU, 2003.

- MORAN, D. D.; WACKERNAGEL, M.; KITZES, J. A.; GOLDFINGER, S. H. & BOUTAUD, A. Measuring sustainable development -Nation by nation. *Ecological Economics*, 2008, N° 64, p. 470-474.
- NOURRY, M. Measuring sustainable development: some empirical evidence for France from eight alternative indicators. *Ecological Economics*, 2008, N° 67, 441-456.
- OOI, G. L. *Sustainability and Cities Concept and Assessment*. Singapore: Institute of Policy Studies, 2005.
- PAUCHARD, A.; AGUAYO, M.; PEÑA, E. & URRUTIA, R. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation*, 2006, N° 127, p. 272-281.
- REPETTI, A. & DESTHIEUX, G. A relational indicator set model for urban land-use planning and management: methodological approach and application in two case studies. *Landscape and Urban Planning*, 2006, N° 77, p. 196-215.
- ROJAS, C.; DÍAZ, M. Á. y JAQUE, E. Sostenibilidad urbana. Tomé: Una propuesta para evaluar los planes reguladores chilenos. *Revista Urbano*, 2008, vol. 11, N° 17, p. 26-35.
- ROJAS, C.; OPAZO, S. y JAQUE, E. Dinámica de crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción. Tendencias de las últimas décadas. En: HIDALGO, R.; DE MATTOS, C. y ARENAS, F. (eds.). *Chile: del país urbano al país metropolitano*. Santiago: Instituto de Geografía, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Serie GEOlibros 12, Colección EURE-libros, 2009, p. 257-268.
- ROJAS, J.; AZÓCAR, G.; VEGA, K. A. y KABISH, S. *Atlas Social y Ambiental del Área Metropolitana de Concepción Región del Biobío, Chile. Transformaciones sociodemográficas y ambientales 1992-2002*. Concepción: Universidad de Concepción, 2006.
- RUEDA, S. *Barcelona, ciudad mediterránea, compacta y compleja: una visión de futuro más sostenible*. Barcelona: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2002. Disponible en Internet: http://www.bcnecologia.net/index.php?option=com_content&task=view&id=108&Itemid=76&lang=SP
- SALADO, M. J.; DÍAZ, M. Á.; BOSQUE SENDRA, J.; CANTERGIANI, C.; ROJAS, C.; JIMÉNEZ, F.; BARNETT, I.; FERNÁNDES, C. y MUÑOZ, C. Movilidad sostenible y SIG. Propuesta de evaluación del transporte público en Alcalá de Henares. En: CAMACHO, M.; CAÑETE, J. y LARA, J. (eds.). *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*. Granada: Editorial Universidad de Granada, 2006, p. 1777-1794.
- SASTRE, P.; DE LUCIO, J. y MARTÍNEZ, C. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la comunidad de Madrid. *Ecosistemas*, 2002, vol. XI, N° 2. Disponible en Internet: http://www.revistaecosistemas.net/index_frame.asp?pagina=http%3A/www.revistaecosistemas.net/articulo.asp%3Fid%3D287%26Id_Categoria%3D2%26tipo%3Dportada
- SECRETARÍA INTERMINISTERIAL DE PLANIFICACIÓN DE TRANSPORTE (SECTRA). *Encuesta de origen y destino de viajes del Gran Concepción*. Santiago: SECTRA, 1999. Disponible en Internet: <http://sintia.sectra.cl/>
- SHANE, M. & GRAEDEL, T. Urban environmental sustainability metrics: a provisional set. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2000, N° 43, p. 643-663.
- SICHE, J. R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E. & ROMEIRO, A. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the energy performance indices. *Ecological Economics*, 2008, N° 66, p. 628-637.
- SMITH, P. y ROMERO, H. Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2009, N° 43, p. xx-xx. Disponible en Internet: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0718-34022009000200005&lng=es&nrm=iso
- SORENSEN, A.; MARCOTULLIO, P. J. & GRANT, J. *Towards sustainable cities*. Londres: Ashgate, 2005.
- VÁSQUEZ, A.; RIVEROS, S. y ROMERO, H. Sustentabilidad del desarrollo urbano del Gran Concepción. Santiago, *XXVI Congreso Nacional y XXI Congreso Internacional de Geografía Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 2005.
- WALSH, E.; BABAKINA, O.; PENNOCK, A.; SHI, H.; CHI, Y.; WANG, T. & GRAEDEL, T. Quantitative guidelines for urban sustainability. *Technology in Society*, 2006, N° 28, p. 45-61.

- WINCHESTER, L. Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y el Caribe. *EURE*, 2006, vol. 32, N° 96, p. 7-25.
- WONG, D. Geostatistic as measures of spatial segregation". *Urban Geography*, 1999, N° 20, p. 635-647.
- WONG, D. Implementing spatial segregation measures in GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, N° 27, p. 53-70.
- ZHANG, Y. & GUINDON, B. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability: Part 1: Methodologies for indicator quantification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2006, N° 8, p. 149-164.

— |

| —

— |

| —