

ACE 19

Electronic offprint

Separata electrónica

ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA VALORACIÓN DE ESCENARIOS DE MOVILIDAD URBANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

LUIS MIGUEL VALENZUELA MONTES, MIGUEL LORENZO NAVARRO
LIGERO Y JULIO ALBERTO SORIA LARA

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y
Entorno [en línea]. 2012, Año 7, núm. 19 Junio. P. 111-128

ISSN: [1886-4805](http://www.issn.org/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n19/articles_pdf/ACE_19_SE_22.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/12348>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ACE 19

Electronic offprint

Separata electrónica

A METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESS URBAN MOBILITY SCENARIOS FOR CLIMATE CHANGE

Key words: climate change, urban mobility, scenario planning.

Abstract

Climate Change poses new challenges and creates opportunities to the urban systems for which planning needs to gain insight into methodological approaches from a spatial, integrated and strategic perspective. To achieve this, scenario planning methods become not only suitable to embrace those visions, but also to promote a more proactive dimension of the decision-making process. Therefore, this paper aims to present a methodological approach in developing planning methods and techniques to face climate change, through the definition and assessment of urban mobility scenarios.

The proposed methodology consists of analyzing different urban areas (“urban laboratories”), over which the planning instrumental capacity to achieve adaptation and mitigation objectives is assessed regarding particular constraints, needs and opportunities offered by each scenario in relation to two core features: automobile dependence and the response capacity of the urban environment.

ACE

Architecture, City, and Environment

Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA VALORACIÓN DE ESCENARIOS DE MOVILIDAD URBANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

VALENZUELA MONTES, Luis Miguel¹

NAVARRO LIGERO, Miguel Lorenzo²

SORIA LARA, Julio Alberto³

Remisión inicial: 15-3-2012

Remisión definitiva: 5-5-2012

Palabras Clave: cambio climático, movilidad urbana, planificación de escenarios.

Resumen

Frente al reto y a la oportunidad de abordar el cambio climático en el contexto urbano, la planificación necesita profundizar en enfoques metodológicos que traten el problema desde una perspectiva espacial, integrada y estratégica. Para ello, los métodos basados en escenarios no sólo constituyen una elección idónea para incorporar tales enfoques, sino también para promover una dimensión más proactiva en el proceso de toma de decisiones. Por tanto, el objetivo central de este artículo consiste en presentar un enfoque metodológico para el desarrollo de métodos y técnicas que permitan afrontar el problema del cambio climático desde la planificación, utilizando para ello la valoración de *escenarios de movilidad urbana*.

El planteamiento metodológico consiste en analizar diferentes laboratorios urbanos, sobre los que se valora la *capacidad instrumental de la planificación* para alcanzar determinados objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático, atendiendo a las limitaciones, necesidades y oportunidades específicas que ofrece cada uno de los escenarios en relación a dos aspectos básicos: la *dependencia del automóvil* y la *capacidad de respuesta del medio urbano*.

¹**Luis Miguel Valenzuela Montes:** Dr. Geógrafo. Profesor Titular del Dpto. de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España. Email de contacto: lvmontes@ugr.es

²**Miguel Lorenzo Navarro Ligeró:** Ambientólogo. Becario de investigación del Dpto. de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España. Email de contacto: mlnavarro@ugr.es

³**Julio Alberto Soria Lara:** Dr. Ambientólogo. Becario post-doctoral del Dpto. de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071, Granada, España. Email de contacto: jsoria@ugr.es

1. Introducción

El cambio climático supone uno de los principales retos ambientales, económicos y territoriales del siglo XXI, frente al cual las ciudades constituyen uno de los ámbitos geográficos más importantes. La mayor parte de las actividades humanas se encuentran, directa o indirectamente, ligadas a los centros urbanos y, por tanto, la contribución de las mismas a las emisiones de gases de efecto invernadero es más acusada que en el ámbito rural (Hoornweg et al., 2011). Sin embargo, también son los ámbitos más vulnerables a los posibles efectos del cambio climático y, al mismo tiempo, los más capaces de generar soluciones eficientes respecto a las necesidades de reducir tales emisiones (Dodman, 2009; Romero-Lankao, 2012). La potencial evolución de las ciudades, de foco de contaminación atmosférica a lugares de oportunidad para disminuir el volumen de gases de efecto invernadero, ha atraído la atención, no sólo de numerosos autores en el ámbito académico (Davoudi et al., 2009), sino también de distintas instituciones públicas que tratan de enfrentarse al cambio climático desde la innovación en la planificación (UN-HABITAT, 2011).

La relevancia de la planificación urbana frente al cambio climático cobra mayor protagonismo si se atiende al sector del transporte rodado, uno de los más problemáticos a la hora de contener sus emisiones de gases de efecto invernadero en los países desarrollados (Dulal et al., 2011). Es destacable, por ejemplo, que a la luz de los datos aportados por los países de la Unión Europea, éste sea el sector con el mayor aumento de emisiones de CO₂ entre 1990 y 2008 (EEA, 2010a). Si a ello se suma la proliferación de modelos extensivos de ocupación urbana en las últimas décadas (EEA, 2006), puede inferirse la creciente dificultad de plantear políticas efectivas de mitigación del cambio climático (Bart, 2010).

La *mitigación* del cambio climático, que implica todas aquellas acciones dirigidas a la reducción de las fuentes de emisiones y la mejora de los sumideros de gases de efecto invernadero, exige atender a dos cuestiones relevantes en el proceso de toma de decisiones. En primer lugar, a la oportunidad que supone la *gestión de la movilidad* bajo unos principios de sostenibilidad ambiental para combatir los problemas del tráfico rodado en el medio urbano (Litman, 2010). En segundo lugar, a la búsqueda de complementariedades en la planificación urbana entre las estrategias de mitigación y las cada vez más presentes estrategias de *adaptación*, orientadas a dar una respuesta anticipada a los impactos del cambio climático (Klein et al., 2007; Howard, 2009; Hamin y Gurrán, 2009).

En este contexto, es oportuno destacar que a pesar de la incesante aparición de referencias bibliográficas que destacan la necesidad de responder al cambio climático desde la planificación (Davoudi et al., 2009; Wilson y Piper, 2010), se percibe de igual manera una falta de concreción metodológica que permita abordar esta cuestión de una manera efectiva. En este sentido, el objetivo principal del artículo consiste en proponer enfoques y pautas metodológicas que conjuguen una triple visión, espacial, integrada y estratégica, respecto a la generación de instrumentos de mitigación y adaptación al cambio climático por parte de las ciudades. Dicha propuesta se orienta más específicamente al diseño y la evaluación de *escenarios de movilidad urbana*.

El resto del artículo se estructura en cuatro apartados. El apartado 2 muestra las principales oportunidades y retos que el cambio climático implica para la planificación urbana a la hora de

abordar el problema desde una perspectiva espacial, integrada y estratégica. El apartado 3 comenta los distintos enfoques y pautas sobre los que se plantea la propuesta metodológica. El apartado 4 detallará en qué consiste la metodología. Finalmente, el apartado 5 recoge las principales conclusiones obtenidas.

2. Oportunidades y retos de la planificación frente al cambio climático

El cambio climático ofrece la oportunidad de potenciar nuevas perspectivas en el ámbito de la gestión ambiental del medio urbano (Davoudi *et al.*, 2009). En concreto, y con respecto a las necesidades que contempla planificación de la ciudad, se detectan tres posibilidades de cambio y/o mejora: a) El refuerzo de la *visión espacial* como dimensión operativa en la exploración de modelos sostenibles; b) El planteamiento de nuevas complementariedades, conflictos y sinergias entre los diferentes instrumentos de planificación, partiendo de una *visión integrada* y; c) El desarrollo de nuevas metodologías orientadas sobre una *visión estratégica*.

El potencial que supone reforzar la *visión espacial* reside esencialmente en reconocer la interacción existente entre elementos de la estructura urbana y de los patrones de movilidad, aspecto relevante a la hora de poner en práctica estrategias de adaptación o mitigación (Romero-Lankao, 2012). Las relaciones entre estructura urbana y patrón de movilidad han quedado patentes como consecuencia del aumento del número de viajes y uso del automóvil en las áreas urbanas durante las últimas décadas (Newman y Kenworthy, 1999; Banister, 1999; Naess, 2006), lo que ha propiciado la aparición de multitud de estudios encaminados a destacar esta conexión (p.e. *modelo de las 3Ds*, Cervero y Kockelman, 1997; *Location Efficiency*, Holtzclaw *et al.*, 2002; *Huella Ecológica de la Movilidad*, Muñiz y Galindo, 2005; *Coste Ambiental de la Movilidad*, Traversi *et al.*, 2006).

Por otra parte, y frente al esfuerzo globalizador que caracteriza las acciones tomadas en el ámbito de la mitigación, la incorporación de objetivos de adaptación ligados a las particularidades de cada contexto urbano supone un nuevo marco para el refuerzo de esta necesaria visión espacial, dentro del cual la planificación plantea nuevas relaciones entre los usos del suelo y el cambio climático en refuerzo de su papel regulador del desarrollo urbano a través de la definición de principios guía, tales como: resiliencia, vulnerabilidad urbana o capacidad adaptativa (Grieving y Fleischhauer, 2012).

En este contexto, la necesidad de considerar modelos de desarrollo urbano sostenibles con el objeto de promover soluciones más eficientes en el ámbito del urbanismo, el transporte y la edificación han sido destacados en múltiples estrategias estatales y regionales sobre medio urbano, cambio climático, ahorro energético y calidad del aire⁴. Sin embargo, la difusión de dichas propuestas particularizadas sobre el contexto urbano se encuentra limitada por la falta de métodos e instrumentos que incorporen y refuercen la operatividad de las distintas dimensiones espaciales implicadas (Davoudi *et al.*, 2009). Esto requiere, no obstante, salvar

⁴Algunas de las estrategias españolas relevantes en este sentido son:

- Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 2011).
- Estrategia Española de Movilidad Sostenible (Ministerio de Fomento, 2009).
- Estrategia Española de Calidad del Aire (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 2009).
- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (Ministerio de Economía, 2003).
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia 2007-2012-2020 (MMA, 2007).

determinadas barreras a la hora de abordar el cambio climático desde la planificación urbana. En esta línea, Hall (2009) plantea una serie de retos para la toma de decisiones aplicables a este argumento, tales como operar sobre las limitaciones impuestas por los patrones de desarrollo existentes, detectar aquellas interacciones relevantes dentro de la compleja relación entre el transporte, la energía y el medio construido, así como, considerar éstas en un amplio rango de escalas espaciales.

Enfrentarse a muchas de estas limitaciones pasa necesariamente por considerar el problema desde una *visión integrada*. Las políticas en materia de planificación urbana y cambio climático, en la mayoría de los casos, se sustentan en un proceso de toma de decisiones fragmentado, poco coordinado e incapaz de abordar las necesidades en materia de mitigación y adaptación (Romero-Lankao, 2012). Respecto a ello, algunos autores destacan la necesidad de contemplar el cambio climático desde un contexto de gobernanza multi-nivel y atendiendo al modo en el que los distintos instrumentos potenciales interactúan con los diferentes sectores implicados (Bulkelley y Betsill, 2003; Kern y Alber, 2008). De forma similar, el estudio de la multi-instrumentalización en la planificación se ha orientado a fomentar una mayor eficiencia en la planificación del transporte (Vieira et al., 2007; Valenzuela et al., 2011), pudiendo concluir que la capacidad para operar de manera multi-instrumental dependerá de la complejidad metodológica de los distintos planes o programas, que a su vez se ve potenciada por la incidencia multi-sectorial, multi-escalar y multi-temporal de las relaciones entre el plan y la realidad espacial a la que se enfrenta (Stead, 2008). Por lo tanto, en la generación de sinergias efectivas entre las distintas medidas propuestas por los instrumentos de planificación, reside la capacidad de ésta para afrontar problemas complejos, como en este caso es el cambio climático (Hall, 2009).

Esta visión cobra especial importancia si también se consideran las nuevas prioridades derivadas de compatibilizar la mitigación con la adaptación a los futuros impactos del cambio climático. Frente a ello, todavía se observa una falta de atención a las tensiones y complementariedades entre las propias estrategias de mitigación y adaptación, patente en la literatura especializada (Howard, 2009; Grieving y Fleischhauer, 2012). Las estrategias de mitigación que se dirigen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de formas urbanas eficientes energéticamente (compactas y de alta densidad), deben atender también a los conflictos y oportunidades potenciales que pudieran surgir en relación con las más recientes estrategias urbanas de adaptación al cambio climático (Hamin y Gurrán, 2009). Las necesidades de adaptación refuerzan la dimensión local de los problemas ambientales y fijan la atención sobre la vulnerabilidad del medio urbano ante los impactos derivados, por ejemplo, de la pérdida de espacios abiertos, la contaminación atmosférica, los fenómenos relativos a la climatología urbana (p.e. isla de calor) o el potencial bioclimático local (Higuera, 1998; Pizarro, 2010).

El refuerzo de la *visión estratégica* supone también una gran oportunidad a la hora de afrontar la actual problemática del cambio climático. Desde un punto de vista metodológico, la incorporación de objetivos específicos de reducción de emisiones y eficiencia energética permite definir criterios y pautas en el proceso de planificación orientados específicamente a la consecución de los mismos (Wheeler, 2009; Hickman et al., 2010). Además, el estudio de las distintas implicaciones entre los objetivos de mitigación y adaptación en el ámbito urbano (p.e. conflictos y sinergias entre la mitigación o la adaptación, co-beneficios, *trade-offs*, etc.) supone

un argumento de peso a la hora de reforzar la importancia de la toma de decisiones a nivel estratégico (Klein et al., 2007). Es destacable, en este sentido, el avance que representa el desarrollo de distintas figuras de planificación ambiental, como la Agenda Local 21, o más recientemente, los Planes de Acción de Energía Sostenible, que actualmente suponen un excelente marco para la aplicación de diversas metodologías de planificación en el ámbito local (Bertoldi et al., 2010).

La necesidad y la oportunidad de incorporar una triple visión: espacial, integrada y estratégica; constituye una motivación para profundizar en enfoques alternativos a la hora de proponer instrumentos para la toma de decisiones en un contexto de cambio e incertidumbre. A tal efecto, los métodos de escenarios representan una herramienta práctica de análisis, toma de conciencia, comunicación y decisión frente a problemas que requieren una gran complejidad metodológica, como es el cambio climático (Wilson y Piper, 2010). La planificación en sí misma goza de una enorme capacidad para plantear escenarios futuros, especialmente en aquellos lugares donde predomina una aproximación racional, y ésta se convierte en un ejercicio estrictamente técnico (Alexander, 2009). De ahí el interés de considerar el uso de escenarios como un aspecto nuclear de la metodología propuesta en los apartados siguientes.

3. Enfoques para la valoración de escenarios de movilidad urbana frente al cambio climático

3.1 Enfoques metodológicos

El uso de escenarios en la planificación urbana representa una oportunidad para reforzar la dimensión espacial, integrada y estratégica de diferentes problemas territoriales o ambientales (Aguilera et al., 2011). La metodología propuesta para el diseño y la valoración de *escenarios de movilidad urbana* pretende, sobre esta oportunidad, desarrollar diferentes enfoques en el proceso de toma de decisiones: *analítico*, *multi-instrumental*, *multi-escalar*, *proactivo* y *estratégico*.

La principal aportación del *enfoque analítico* reside en considerar, junto a las diferentes opciones estratégicas que ofrece la planificación en respuesta al cambio climático, un conjunto de escenarios futuros sobre los que se espera que operen las mismas (Hall, 2009). En este sentido, el proceso de diseño y valoración de los diferentes escenarios de movilidad requiere profundizar en la selección e interpretación de aquellos factores espaciales más relevantes en el binomio cambio climático-movilidad urbana. Ello permitirá explotar criterios y técnicas de valoración útiles en el diagnóstico de los diferentes patrones de desarrollo espacial, siendo una de las dimensiones más determinantes en la propuesta metodológica que se realiza.

Asimismo, desarrollar el *enfoque multi-escalar* y *multi-instrumental* resulta imprescindible a la hora de introducir la espacialidad como dimensión relevante en el planteamiento de los escenarios. La planificación urbana opera en el marco de una amplia variedad de instrumentos de regulación, intervención u orientación de distinta naturaleza (normativa, económica, fiscal, etc.) que ejercen un mayor o menor grado de control sobre los procesos relevantes respecto al

cambio climático (Kern y Alber, 2008). Por tanto, concretar el grado de complementariedad y sinergia, los posibles conflictos existentes entre los distintos instrumentos, así como las escalas de decisión (urbana, local, regional, nacional, etc.), dota de una mayor coherencia a la definición de los posibles escenarios futuros.

La importancia de potenciar un *enfoque proactivo* surge al considerar la funcionalidad de los propios escenarios. En este sentido, Hughes et al. (2008) señala que algunos escenarios, como los socio-económicos o los de cambio climático, han constituido herramientas para generar una respuesta reactiva de los agentes implicados en la toma de decisiones. Por tanto, la incorporación de una metodología basada en escenarios de movilidad urbana no sólo supone la oportunidad de exponer situaciones futuras sobre las que plantear y optimizar decisiones anticipadamente, sino que también despierta el interés de integrar diferentes ámbitos de decisión (gestión de la movilidad, urbanismo, planificación del transporte, etc.) en el proceso de alcanzar un escenario futuro particular.

Junto a ello, un *enfoque estratégico* también permite explotar el interés derivado del uso de los escenarios de movilidad urbana como una herramienta de decisión. En primer lugar, los escenarios aportan una capacidad exploratoria de las distintas opciones estratégicas viables para alcanzar objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático (Wilson, 2009; Hickman, 2010), permitiendo valorar y comparar las consecuencias de las diferentes situaciones futuras presentadas (relaciones coste/beneficio, conformidad con los objetivos de reducción de emisiones, *trade-offs* potenciales entre las estrategias de adaptación y mitigación, etc.). En segundo lugar, permiten orientar la decisión hacia cuestiones relevantes, como pueden ser las limitaciones u oportunidades de cambio generadas por diferentes vías de desarrollo urbanístico. Esta utilidad se ve reforzada en el caso de que los escenarios planteados sean consistentes con los objetivos propuestos en el ejercicio de la planificación, como ocurre en la práctica del *backcasting* (Debrog, 1999; Ackerman, 2011).

3.2 Pautas metodológicas para la valoración de escenarios de movilidad urbana

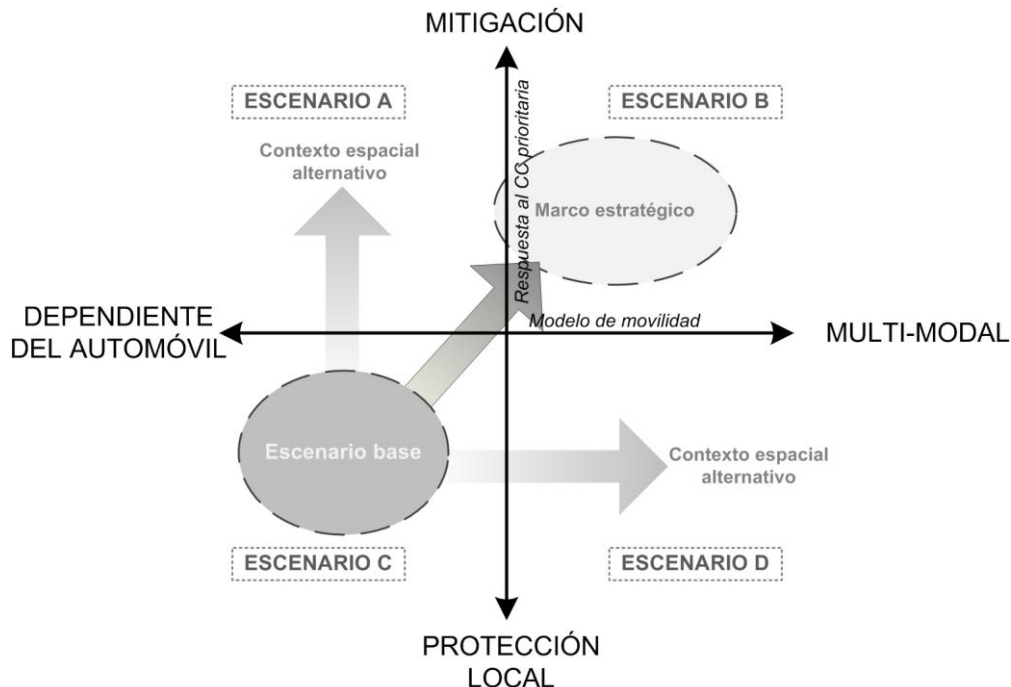
El diseño de la metodología sigue distintas pautas encaminadas a resolver una serie de cuestiones que versan sobre la oportunidad de ensayar nuevos métodos de análisis y evaluación en el medio urbano, dentro de diferentes contextos de estudio relevantes desde el punto de vista de la gestión local (UN-HABITAT, 2011), la utilidad de los escenarios para desarrollar los enfoques propuestos y la definición de los elementos fundamentales que conforman la metodología.

La primera cuestión a resolver por parte de la propuesta metodológica tiene que ver con valorar *qué ámbitos de estudio a escala local serían los más idóneos para actuar como laboratorios urbanos*. Esta idoneidad se plantea desde el punto de vista de la representatividad y exportabilidad de los resultados previstos, así como de su capacidad para difundir diferentes innovaciones locales. En concreto, dos ámbitos se consideran especialmente útiles para asumir la función de *laboratorios urbanos*: aquellas *ciudades medias* interiores o litorales que, atendiendo a su creciente liderazgo territorial, son capaces de actuar como intermediadoras

entre las grandes ciudades y los espacios rurales, y sobre las cuales concurren crecientes presiones demográficas, económicas o ambientales (ver, por ejemplo, el caso de algunas ciudades medias andaluzas, Caravaca y González, 2010), y las *áreas metropolitanas*, como consecuencia del alcance y complejidad de los procesos que determinan su dinámica, destacando su integración funcional desde el punto de vista de la movilidad urbana (Muñiz y Galindo, 2005; Feria-Toribio, 2008).

La segunda cuestión que será abordada desde este enfoque metodológico estará relacionada con valorar *qué utilidad plantean los escenarios de movilidad urbana para la toma de decisiones en el ámbito de tales laboratorios* (ver Figura 1). Por un lado, y desde un punto de vista analítico, definen diferentes *contextos espaciales alternativos* para la aplicación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, permitiendo gestionar la incertidumbre introducida por factores considerados externos desde el punto de vista de la planificación local (p.e. presiones demográficas, urbanísticas, sociales, ambientales, etc.). Por otro lado, plantean alternativamente *marcos estratégicos* sobre los que orientar a las diferentes figuras de planificación en pos de la consecución de hipotéticos objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. En este sentido, los escenarios imponen una serie de *prioridades, limitaciones y oportunidades de intervención* para la aplicación de tales instrumentos en base a factores internos. La principal utilidad que se deriva de esta definición de los escenarios reside en la posibilidad de estructurar las prioridades y metas para la consecución de cada escenario (objetivos de reducción de emisiones, objetivos de movilidad u objetivos de desarrollo urbano).

Figura 1. **Conceptualización de los escenarios de movilidad urbana**



Fuente: Elaboración propia.

La tercera cuestión plantea *qué factores de la movilidad urbana asociados a la dependencia del automóvil potencian su contribución al cambio climático y qué mejoras potenciales requieren a la hora de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero*. La contribución de la movilidad urbana a las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentra directamente ligada a algunas características sintomáticas del nivel de *dependencia del automóvil*, como el volumen de trayectos de larga distancia, el predominio del uso de los modos privados (de baja ocupación) sobre los modos públicos (colectivos) o la eficiencia del conjunto de modos de transporte motorizados. Identificar el papel concreto de los diferentes factores asociados al modelo de movilidad urbana en cada laboratorio territorial facilita determinar sobre qué aspectos operativos podría concretarse la consecución de diferentes objetivos de cambio climático y de mejora de la calidad del medio urbano.

En cuarto lugar, la metodología tratará de tener en cuenta *qué factores espaciales del medio urbano limitan, potencian o generan diferentes prioridades para la mitigación y la adaptación frente al cambio climático desde el punto de vista de la movilidad urbana*. En respuesta a este aspecto sería oportuno mencionar que el planteamiento de escenarios requiere, frente a las opciones de mejora relativas a los modelos de movilidad, identificar aquellos *factores espaciales* determinantes de la capacidad de los diferentes patrones de desarrollo urbano para incorporar estrategias de movilidad frente al cambio climático. Para ello se atiende, por una parte, a los factores de la estructura urbana que determinan su capacidad futura para reducir o compensar las emisiones causadas por la movilidad urbana y, en segundo lugar, a aquellos que condicionan o compatibilizan dichas estrategias con las necesidades de protección de la calidad ambiental. Se proponen tres características para describir el medio urbano a través de su *capacidad de respuesta al cambio climático*:

- Su *potencial* para la *reducción de emisiones de la movilidad urbana*, atendiendo a aquellos factores de la estructura urbana (densidad, diversidad de usos, diseño urbano, etc.) que limitan o, por lo contrario, crean condiciones favorecedoras para el incremento de la competitividad de los modos alternativos al vehículo privado.
- Su *capacidad de absorción*, que corresponde al nivel de emisiones que el medio urbano podría llegar a compensar a través de un adecuado diseño de su red de espacios libres y zonas verdes.
- Su *vulnerabilidad*, que se fundamenta tanto en la existencia de factores inductores, como en la ausencia de factores atenuantes o protectores de los impactos sobre el medio urbano causados tanto por la movilidad como por el cambio climático en el futuro (proporción de espacio construido, dotación de zonas verdes, concentración de actividades, etc.).

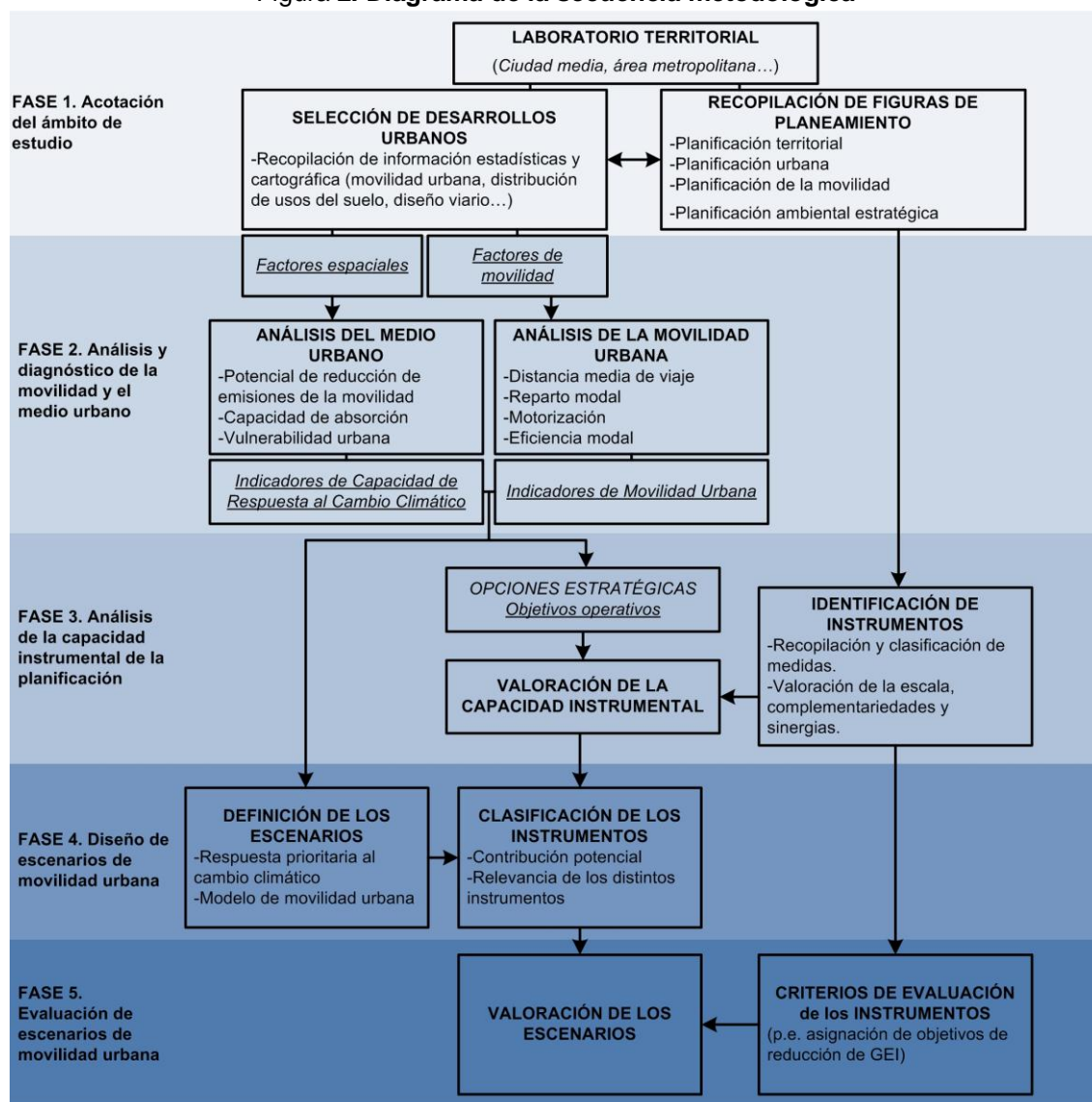
En última instancia, la metodología se preguntará *cómo responde actualmente la planificación urbana y territorial a los retos planteados desde el punto de vista de la movilidad y el cambio climático*. Para ello, será oportuno destacar aquellos factores relevantes en la contribución de la movilidad al cambio climático o que modulan la posible respuesta futura desde el medio urbano, los cuales sirven para plantear múltiples áreas de actuación estratégica para la planificación urbana sobre las que valorar su *capacidad instrumental*. Dicha valoración se fundamenta en la variedad y la complementariedad de instrumentos (Vieira et al., 2007) con

potencial incidencia sobre diversos *objetivos operativos* derivados de las oportunidades de intervención o las principales barreras espaciales detectadas.

4. Metodología para el diseño y la evaluación de escenarios de movilidad urbana

La secuencia metodológica que se plantea está provista de las siguientes 5 fases (ver Figura 2): 1ª) *Acotación del ámbito de estudio*; 2ª) *Análisis y diagnóstico de la movilidad y el medio urbano*; 3ª) *Análisis de la capacidad instrumental de la planificación*; 4ª) *Diseño de escenarios de movilidad urbana*; 5ª) *Evaluación de escenarios de movilidad urbana*.

Figura 2. Diagrama de la secuencia metodológica



Fuente: Elaboración propia.

La *primera fase* busca concretar la dimensión práctica del estudio (p.e. ¿Qué tipo de desarrollos urbanos? ¿Qué figuras del planeamiento? ¿Qué utilidad plantean los escenarios? ¿Qué información se encuentra disponible?). Para ello, se propone seleccionar y acotar diferentes laboratorios urbanos con atención a aquellas condiciones que permitan explotar tanto la operatividad de la metodología (crecimiento urbano reciente, disponibilidad de información, etc.) como a la posibilidad de exportar los resultados a otros ámbitos (variedad de patrones de crecimiento y características urbanas, circunstancias territoriales, económicas, demográficas, etc.).

La *segunda fase* contempla dos tareas principales respecto a cada uno de los laboratorios urbanos seleccionados:

- La caracterización de la movilidad urbana en función de su *dependencia del automóvil*, a través de un conjunto de *indicadores de movilidad urbana* que destacan diferentes aspectos de ésta (motorización, reparto modal, emisiones por kilómetro-pasajero, etc.).
- La determinación y valoración de distintas propiedades del medio urbano que condicionan su *respuesta al cambio climático: potencial de reducción de emisiones de la movilidad*, en función de la estructura urbana (densidad, distribución de usos, diseño urbano, etc.), *capacidad de absorción* o compensación de emisiones y *vulnerabilidad urbana* a los impactos de la movilidad y el cambio climático.

El objetivo de esta fase es proponer dos sistemas de indicadores (de *movilidad urbana* y de *capacidad de respuesta al cambio climático*) que permitan, por un parte, definir y cuantificar un conjunto de *objetivos operativos* respecto a diferentes estrategias de movilidad y desarrollo urbano y, por otra parte, generar *criterios* para valorar posteriormente la capacidad de la planificación a la hora de alcanzar estos objetivos (ver Tabla 1).

Tabla 1. Características y ejemplos de indicadores asociados a la capacidad de respuesta al cambio climático y a la movilidad urbana

Tipo de indicadores	Características	Objetivos operativos	Indicadores
Indicadores de capacidad de respuesta al cambio climático del medio urbano	Potencial de reducción de emisiones de la movilidad	Incrementar la densidad urbana Favorecer la proximidad de usos y actividades Diseño peatonal ...	<i>viviendas/ha, empleos/ha...</i> <i>empleos/vivienda, índices de diversidad...</i> <i>%viario peatonal/viario total, intersecciones/ha...</i>
	Capacidad de absorción	Incrementar la proporción de áreas verdes	<i>ha/vivienda, CO₂absorbido, km compensados/hab...</i>
	Vulnerabilidad urbana	Incrementar los espacios libres/públicos Reducir/optimar el espacio construido... Reducir/optimar la concentración de usos ...	<i>%superficie verde/urbana, m2 zonas verdes/vivienda...</i> <i>%suelo pavimentado, compacidad...</i> <i>Concentración de suelo/actividades en un determinado espacio, centralización...</i>
Indicadores de movilidad urbana	Necesidad de viajar	Reducir la distancia recorrida en vehículo privado	<i>km-pasajero/habitante, distancia media de viaje...</i>
		Potenciar modos peatonales (de corta distancia) ...	<i>% desplazamientos en modos peatonales...</i>
	Reparto modal	Potenciar el uso del transporte público	<i>% desplazamientos en modos públicos...</i>
		Potenciar el uso de modos no motorizados ...	<i>%desplazamientos en modos no motorizados...</i>
Impactos de la movilidad en el medio urbano	Reducir la presencia del vehículo privado	<i>tasa de motorización (por habitante, vivienda, superficie...)</i>	
	Reducir los impactos del tráfico en la vía pública ...	<i>intensidad de tráfico, vehículos en hora punta, nivel de congestión, emisiones de NOx...</i> ...	
Eficiencia modal	Reducir las emisiones de GEI* de la movilidad	<i>Emisiones CO₂ (por vehículo, por pasajero-km...)</i>	

Nota: *GEI: Gases de efecto Invernadero

Fuente: Elaboración propia.

La *tercera fase* se centra en valorar la *capacidad instrumental de la planificación* para responder a oportunidades o limitaciones concretas identificadas en cada laboratorio urbano, dentro del marco de las distintas estrategias de cambio climático y movilidad. El análisis se efectúa sobre la revisión de las diferentes figuras de planificación presentes en cada uno de los laboratorios urbanos (planes de ordenación urbanística, de ordenación territorial, de movilidad o ambientales), con el objeto de:

- Identificar y clasificar medidas asociadas a diferentes *instrumentos* potenciales, de acuerdo a su escala, posibles complementariedades y sinergias.
- Valorar el papel de tales instrumentos la hora de alcanzar los *objetivos operativos* definidos en la fase anterior, y que se encuentran ligados a distintas opciones estratégicas de la planificación urbana frente al cambio climático (ver Tabla 2).

Tabla 2. Instrumentos potenciales y ejemplos de medidas dirigidas a abarcar diferentes opciones estratégicas frente al cambio climático

Instrumentos	Opciones estratégicas frente al cambio climático				
	Contención de la movilidad		Cambio modal	Eficiencia modal	Protección del medio urbano
Urbanísticos	Planificación de usos del suelo (alta densidad y mezcla de usos) Desarrollo urbano orientado a cortas distancias	Regulación urbanística y de infraestructuras	Integración urbana del transporte público Desarrollos urbanos libres de coches ...		Planificación y diseño de espacios libres
Regulatorios	Restricción de acceso Restricción del aparcamiento		Medidas de gestión del tráfico	Control del límite de velocidad, aplicación de estándares de consumo y emisiones...	
Económicos	Impuestos sobre vehículos Impuestos sobre uso de carreteras		Transporte público subsidiado	Subvenciones a tecnologías de transporte más eficientes	Zonas de bajas emisiones, tasas por congestión...
Informativos	Promoción de alternativas de viaje		Promoción de modos alternativos, gestión de la movilidad y marketing, esquemas co-operativos...	Mejorar la conducta de conducción (pautas de eco-conducción)	
Tecnológicos	Introducir el trabajo a distancia en los planes de viaje		Mejoras en la eficiencia y la calidad del transporte de pasajeros	Nuevas tecnologías en sistemas de transporte (vehículos híbridos, eléctricos...)	

Fuente: Elaboración propia, a partir de EEA (2010b).

La *cuarta fase* se dirige al *diseño de escenarios de movilidad urbana*. Ésta comprende:

- La *definición* de los escenarios a través de la selección y ponderación de aquellos indicadores de movilidad urbana y de respuesta al cambio climático que planteen contextos espaciales alternativos desde el punto de vista de las prioridades frente al cambio climático (mayor mitigación o mayor protección local) y la movilidad (mayor o menor dependencia del automóvil).
- La *clasificación* de los diferentes instrumentos identificados en la fase anterior en el plano de los escenarios definidos, atendiendo a su relación con los objetivos operativos y, por tanto, con los indicadores relacionados para definir cada escenario.

Por último, la *quinta fase* se ocupa de la *evaluación de los escenarios de movilidad urbana* sobre la comparativa de los distintos escenarios propuestos, y, por tanto, del conjunto de instrumentos y medidas ligadas a cada uno de ellos. Dicha comparativa se efectúa asociando a cada uno de los instrumentos identificados una medida de coste o beneficio, como podría ser un determinado objetivo particular de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (acorde, por ejemplo, con la metodología de elaboración de los Planes de Acción de Energía Sostenible), y realizando un balance de la contribución de las distintas medidas por cada escenario.

5. Conclusiones

El artículo ha presentado un enfoque metodológico específico para abordar la relación entre planificación urbana y cambio climático, cuyas dimensiones más relevantes tienen que ver con su carácter *espacial, integrado y estratégico*. Este enfoque metodológico es el resultado de valorar como la incesante aparición de referencias bibliográficas que ponen énfasis sobre la importancia de abordar el cambio climático desde la planificación urbana, adolecen al mismo tiempo de la concreción metodológica necesaria para alcanzar tal objetivo. De este modo, el artículo pretende, fundamentalmente, subrayar los principales retos y oportunidades de la planificación urbana frente al cambio climático, finalizando con una propuesta metodológica que sea de utilidad para los distintos agentes implicados en esta problemática.

La *dimensión espacial* podría considerarse el aspecto más relevante e innovador de la metodología atendiendo a la revisión bibliográfica realizada. En este sentido, cabría indicar que la metodología exige atender a la amplia casuística (patrones de movilidad, estructura de los desarrollos urbanos, soluciones propuestas por los planes, etc.) impuesta por la variedad de modelos urbanos y territoriales observados en ámbitos como las ciudades medias o las áreas metropolitanas. Esto supone una ventaja a la hora de ensayar distintas técnicas de análisis y valoración sobre las que desarrollar el método y detectar sus principales limitaciones, contribuyendo a su exportabilidad a otros ámbitos de estudio. Así, futuros métodos a emplear para el análisis y el diagnóstico del medio urbano deben asimilarse sobre la escala urbana que se propone, aprovechando al mismo tiempo herramientas que desarrollen componentes espaciales y visuales (Condon et al., 2009).

En refuerzo de una respuesta *integrada* como segundo aspecto destacado de la metodología. La propuesta realizada facilita indagar sobre las diferentes implicaciones de la planificación en

la mitigación del cambio climático mediante métodos sencillos (interpretación de indicadores, inventariado y clasificación de medidas, etc.), valorando esencialmente el grado de complementariedad y sinergia de las propuestas realizadas por los distintos instrumentos de planificación a la hora de responder al cambio climático de manera coordinada.

Finalmente, la metodología apunta hacia una *visión estratégica* como elemento de utilidad a la hora de dirigir la atención a cuestiones concretas, como el nivel de dependencia del automóvil o la localización y planificación de los usos del suelo. Sin embargo, ello implica algunas barreras a la hora de aplicar la metodología propuesta. Por un lado, resulta complicado valorar el papel concreto de la planificación urbana para favorecer patrones de movilidad eficientes con respecto a la influencia de otros factores externos (sociales, económicos, etc.) (Levine et al. 2005; Dupuy, 2011). Otra dificultad radica en el establecimiento de prioridades claras entre los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. Pese a que la mitigación constituye una prioridad en el ámbito de la movilidad, ésta no es independiente a las necesidades de adaptación de las ciudades (Howard, 2009). Por tanto, futuros métodos de diagnóstico del medio urbano, dentro del enfoque metodológico propuesto, han de reconocer situaciones en las que la planificación deba resolver conflictos entre estas dos principales posibilidades de respuesta al cambio climático.

Conjuntamente con las tres dimensiones destacadas (espacial, integrada y estratégica), la metodología se hace operativa a partir del uso de *escenarios de movilidad urbana*. Estos son importantes en relación con la necesidad de abordar la incertidumbre y la complejidad espacial y temporal, tratando de superar ciertas limitaciones de otros enfoques más predictivos (proyecciones, estudios de tendencias, etc.), de manera que refuerce su carácter aplicable. El uso de indicadores espaciales vinculados a la planificación urbana se presenta como uno de los aspectos centrales sobre los que definir escenarios de movilidad urbana frente al cambio climático en la metodología propuesta en este artículo.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los dos siguientes proyectos de investigación:

- “Escenarios de movilidad urbana para una respuesta eficiente del litoral andaluz al cambio climático”. REF. PROY018/11. Ayudas a la investigación 2011. Fundación Centro de Estudios Andaluces (CENTRA).
- “Guía Metodológica para la Integración Metropolitana Sostenible de los Sistemas de Metro Liger. INTEGRA-ME”. REF. P09-RNM-5394. Convocatoria pública de los Proyectos de Excelencia (2008 - 2013) de la Consejería de Innovación y Ciencia. Junta de Andalucía.

Bibliografía

AGUILERA, F. et al. *Escenarios y modelos de simulación como instrumentos en la planificación territorial y metropolitana*. En: *Serie Geográfica*, 17: 11-28, 2011.

- ACKERMAN, J. *Transport systems meeting climate targets: a backcasting approach including international aviation*. Doctoral thesis in infrastructure with specialization in Environmental Strategic Analysis. Stockholm, Royal Institute of Technology, 2011. 54 p.
- ALEXANDER, E R. *Dilemmas in evaluating planning, or back to basics: What is planning for?* En: Planning, theory & Practice, 10 (2): 233-244, 2009.
- BANISTER, D. *Planning more to travel less: land use and transport*. En: Town Planning Review, 70 (3): 313-338, 1999.
- BART, I.L. *Urban Sprawl and climate change: a statistical exploration of cause and effect with policy options for the EU*. En: Land Use Policy, 27 (2): 283-292, 2010.
- BERTOLDI, P. et al. *Existing Methodologies and Tools for the Development and Implementation of Sustainable Energy Action Plans*. Synthesis Report (I y II). Luxembourg, European Union, 2010. 167 p.
- BULKELLEY H. y BETSILL M. *Cities and Climate Change. Urban Sustainability and Global Environmental Governance*. London y New York. Routledge, 2003. 237 p.
- CARAVACA, I. y GONZÁLEZ, G. *Estrategias y actuaciones para el desarrollo de ciudades medias. Algunos ejemplos*. En: Scripta Nova, Revista electrónica de geografía y ciencias sociales [En línea] Fecha de consulta: 17 de abril 2012. Disponible en: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-33.htm>>.
- CERVERO, R. y KOCKELMAN, K. *Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and Design*. En: Transportation Research, Part D, 2 (3): 199-219, 1997.
- CONDON et al. *Urban Planning Tools for Climate Change Mitigation*. Cambridge, Lincoln Institute of Land Policy, 2009. 48 p.
- DAVOUDI, S. et al. *Climate Change and Spatial Planning Response*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan publishing, 2009, pp: 7-18.
- DREBORG, K.H. *Essence of Backcasting*. En: Futures, 28 (9): 813-828, 1999.
- DOODMAN, D. *Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emission inventories*. En: Environment and Urbanization, 21 (1): 185-201, 2009.
- DULAL, H.B. et al. *Climate change mitigation in the transport sector through urban planning: A review*. En: Habitat International, 35 (3): 494-500, 2011.
- DUPUY G. *Toward Sustainable Transport: The Challenge of Car Dependence*. Surrey (UK) y Montrouge (France), John Libbey Eurotext, 2011. 66 p.

EEA, *Urban Sprawl in Europe: the ignored challenge*. European Environmental Agency Report No. 10, 2006. 56 p.

EEA. *Mitigating Climate Change*. The European Environment: State and Outlook. European Environmental Agency, 2010a. 21 p.

EEA, *Towards a resource-efficient transport system: TERM 2009 Indicators tracking transport and environment in the European Union*. European Environmental Agency Report No. 2, 2010b. 47 p.

FERIA-TORIBIO, J.M. *Un ensayo metodológico para la definición de las áreas metropolitanas en España a partir de la variable residencia-trabajo*. En: Investigaciones Geográficas (Esp), 46: 49-68, 2008.

GREIVING, S. y FLEISCHHAUER, M. *National Climate Change Adaptation Strategies of European States from a Spatial Planning and Development Perspective*. En: European Planning Studies, 20 (1): 27-48, 2012.

HAMIN, E.M. y GURRAN, N. *Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia*. En: Habitat International, 33 (3): 238-245, 2009.

HALL, J. *Integrated Assessment to Support Regional and Local Decision Making*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan Publishing, 2009, pp: 236-248.

HICKMAN, R. et al. *Transport and Climate Change: Simulating the Options for Carbon Reduction in London*. En: Transport Policy, 17: 110-125, 2010.

HIGUERAS, E. *Urbanismo bioclimático: criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. En: Cuadernos de Investigación Urbanística, 24: 79 p, 1998.

HOORNWEG, D. et al. *Cities and Greenhouse gas emissions: moving forward*. En: Environment and Urbanization, 23 (1): 207-227, 2011.

HOWARD, J. *Climate Change Mitigation and Adaptation in Developed Nations: A Critical Perspective on the Adaptation Turn in Urban Climate Planning*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan Publishing, 2009, pp: 19-32.

HOLTZCLAW et al. *Location Efficiency: Neighborhood and Socio-Economic Characteristics Determine Auto Ownership and Use Studies in Chicago, Los Angeles and San Francisco*. En: Transportation Planning and Technology, 25 (1): 1-27, 2002.

HUGHES et al. *Critical Review of the Application of the UKCIP Socioeconomic Scenarios: Lessons Learnt and Future Directions*. Final Report for UK Climate Impacts Programme, 2008. 75 p.

- KERN, K. y ALBER G. *Governing climate change in cities: Modes of urban climate governance in multi-level systems*. En: OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change (1º, 2008, Paris, France). Proceedings. OECD, 2008.
- KLEIN, R.J.T. et al. *Interrelationships between adaptation and mitigation*. En: PARRY, M.L. et al. (Eds.) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 2007, pp: 745-777.
- LEVINE et al. *A Choice Rationale for Land Use and Transportation Alternatives: Evidences from Boston and Atlanta*. En: Journal of Planning Education and Research, 24: 317-330, 2005.
- LITMAN, T. *Guide to Calculating Mobility Management Benefits*. Victoria (Canada), Victoria Transport Policy Institute, 2010. 43 p.
- MUÑIZ, I. y GALINDO, A. *Urban form and ecological footprint of commuting. The case of Barcelona*. En: Ecological Economics, 55 (4): 499-514, 2005.
- NAESS, P. *Urban structure matters. Residential location, car dependence and travel behaviour*. London y New York, The RTPPI Library Series y Routledge, 2006. 328 p.
- NEWMAN, P. y KENWORTHY, J. *Sustainability and cities. Overcoming automobile dependence*. Washington D.C. y Covelo (CA), Island Press, 1999. 450 p.
- PIZARRO, R. *Urban Form and Climate Change: Toward Appropriate Development Patterns to Mitigate and Adapt to Global Warming*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan Publishing, 2009, pp: 33-45.
- ROMERO-LANKAO, P. *Governing Carbon and Climate in the Cities: An Overview of Policy and Planning Challenges and Options*. En: European Planning Studies, 20 (1): 7-26, 2012.
- STEAD, D. *Institutional aspects of integrating transport, environment and health policies*. En: Transport Policy, 15: 139-148, 2008.
- TRAVISI, C.M. et al. *Analysis of Environmental Costs of Mobility due to Urban Sprawl. A Modelling Study on Italian Cities*. Discussion Paper No. 042/3. Tinbergen, Tinbergen Institute, 2006. 32 p.
- UN-HABITAT. *Cities and Climate Change*. Global Report on Urban Settlements, United Nations Human Settlements Programme. London y Washington DC, Earthscan publishing, 2011. 279 p.
- VALENZUELA, L.M. et al. *Hacia la integración de los planes y proyectos andaluces de movilidad metropolitana*. En Scripta Nova, Revista electrónica de geografía y ciencias sociales [En línea] Fecha de consulta: 15 de abril 2012. Disponible en: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-349.htm>>.

VIEIRA, J. et al. *Transport policy and environmental impacts: The importance of multi-instrumentality in policy integration*. En: Transport Policy, 14: 421-432, 2007.

WHEELER S. *California's Climate Change Planning: Policy Innovation and Structural Hurdles*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan Publishing, 2009, pp: 125-135.

WILSON, E. *Use of Scenarios for Climate Change Adaptation in Spatial Planning*. En: DAVOUDI, S. et al. (Eds.) Planning for Climate Change. Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners. London, Earthscan Publishing, 2009, pp: 223-235.

WILSON E. y PIPER J. *Spatial Planning and Climate Change*. London y New York, Routledge, 2010. 445 p.