

Departament d'Economia Aplicada

Los límites de la compacidad urbana
como instrumento a favor de la
sostenibilidad.

La hipótesis de la compensación en
Barcelona medida a través de la huella
ecológica de la movilidad y la vivienda.

Ivan Muñiz,
Daniel Calatayud,
Roger Dobaño

**D
O
C
U
M
E
N
T
D
E
T
R
E
B
A
L
L**

12.05



Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat d'Economia i Emp

Aquest document pertany al Departament d'Economia Aplicada.

Data de publicació : **Maig 2012**

Departament d'Economia Aplicada
Edifici B
Campus de Bellaterra
08193 Bellaterra

Telèfon: (93) 581 1680
Fax:(93) 581 2292
E-mail: d.econ.aplicada@uab.es
<http://www.ecap.uab.es>

Los límites de la compacidad urbana como instrumento a favor de la sostenibilidad.

La hipótesis de la compensación en Barcelona medida a través de la huella ecológica de la movilidad y la vivienda.

Ivan Muñiz, Daniel Calatayud y Roger Dobaño

Abstract

La hipótesis de la compensación plantea la posibilidad de que los individuos que viven en centros urbanos densos tengan una mayor propensión a disponer de una segunda residencia y/o llevar a cabo desplazamientos más frecuentes hacia destinos más alejados durante los fines de semana y las vacaciones que los individuos que viven en zonas poco densas. En este contexto, no está claro cuál es el efecto neto de la densidad en términos ambientales. En esta investigación se contrasta la hipótesis de la compensación en la Región Metropolitana de Barcelona utilizando como indicador de impacto ambiental la huella ecológica de la movilidad y de la vivienda. Los resultados obtenidos rechazan la hipótesis de la compensación en un sentido fuerte, pero se detecta la existencia de un nivel máximo de densidad a partir del cual ejerce un impacto de signo positivo.

1. Introducción

La preocupación por la sostenibilidad conlleva una revisión crítica de nuestros modelos de producción y consumo. Centrados en el caso del consumo, averiguar qué modelo urbano ejerce un menor impacto a escala global permitiría orientar la planificación territorial y el urbanismo hacia la consecución de ciudades más sostenibles. Gran parte de la evidencia empírica sobre la relación entre forma urbana y consumo de energía parece indicar que los tejidos urbanos densos tienen asociados menores impactos que los tejidos poco densos. La relación es aparentemente sólida, dado que el tamaño de las viviendas suele ser menor en los centros urbanos y por tanto la energía dedicada a su construcción y mantenimiento también debería serlo. En cuanto a la movilidad y la mezcla de funciones, la compacidad facilitaría los desplazamientos a pie o en transporte público entre el lugar de residencia y el puesto de trabajo, y con ello una movilidad de bajo impacto (Hillman, 1996; Newman y Kenworthy, 1999; Ewing y Rong, 2008).

No obstante, este tipo de estudios suele tener dos importantes limitaciones. La primera es que normalmente se trata de enfoques parciales donde sólo se analiza uno de los sectores potencialmente afectados por la forma urbana; o bien la movilidad, o bien la vivienda. La segunda es que los trabajos donde se analiza el impacto de la movilidad tienden a considerar tan solo los desplazamientos residencia-trabajo; y en los que tratan el impacto

de la vivienda, sólo la vivienda principal. El hecho de no tener en cuenta la movilidad de fines de semana y vacaciones o la posesión de una segunda vivienda, impide obtener resultados concluyentes sobre el efecto neto de la densidad. Las dudas surgen ante la posibilidad de que los individuos que vivan en una zona densa de la ciudad, tiendan a compensar un bajo impacto durante los días entre semana con una mayor propensión a disponer de una segunda vivienda y llevar a cabo viajes más frecuentes y más largos durante los fines de semana y las vacaciones, hasta el punto de neutralizar los beneficios ambientales de la compacidad. A esto se le llama “hipótesis de la compensación” (Holden y Norland, 2005; Naess, 2005, 2006).

En un trabajo aplicado a tres ciudades noruegas, Førde, Storhaug y el Gran Oslo, Høyer y Holden (2003) superaron estas limitaciones utilizando como indicador de impacto global la *huella ecológica*. Una vez sumados los impactos totales de la movilidad y de la vivienda (medidos en huella), la hipótesis de la compensación no resultaba rechazada para la región urbana de Oslo, ya que el coeficiente de la densidad resultaba positivo. Si este resultado no fuera una inquietante singularidad sino un balance común para un buen número de grandes áreas urbanas, la equiparación *ciudad compacta-ciudad sostenible* debería ser revisada. De aquí surge la motivación de esta investigación que, a grandes rasgos, reproduce la metodología propuesta en Høyer y Holden (2003) para el caso de la Región Metropolitana de Barcelona, aunque con una novedad, la inclusión de la variable densidad al cuadrado (además de la distancia al centro al cuadrado). La idea es que, aunque no se dé un *comportamiento compensatorio fuerte*, lo cual exigiría un coeficiente positivo para la densidad, resulta interesante contrastar si existe un nivel de densidad a partir del cual la relación negativa entre huella y densidad se revierte para volverse positiva, lo cual exige un coeficiente negativo para la densidad pero positivo para la densidad al cuadrado. De ser así, se daría lo que llamamos un *comportamiento compensatorio débil*.

Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con la existencia de un comportamiento compensatorio débil. La densidad ejerce un efecto negativo sobre la huella ecológica de la vivienda y del transporte, pero a partir de un determinado nivel, la relación se vuelve positiva, lo cual indica que existen ciertos límites a la hora de reducir la huella ecológica per cápita de las ciudades mediante una política basada exclusivamente en la idea de compacidad.

2. La hipótesis de la compensación.

2.1. Compacidad y sostenibilidad: argumentos y evidencia empírica

Existen dos discursos claramente diferenciados sobre qué modelo de ciudad ejerce un menor impacto ambiental a escala global. El *Enfoque de Ciudad Autosuficiente* defiende un modelo urbano basado en ciudades pequeñas, edificadas con una arquitectura bioclimática, donde se consuman preferentemente los recursos de la región. Confía más en las actitudes individuales que en cualquier coeficiente de forma urbana, y en general mantiene una actitud crítica respecto al comercio, la industrialización y un urbanismo demasiado alejado del ciudadano de a pie. Por el contrario, el *Enfoque de Ciudad Compacta* apuesta por la mezcla y la densidad, tiene una posición extremadamente crítica respecto a la dispersión urbana, y confía en el ahorro de energía en la vivienda y en los desplazamientos cotidianos que se da en los centros urbanos densos y mezclados (Naess, 2001; Holden, 2004).

Las políticas ambientales que se desprenden del Enfoque de Ciudad Compacta comprenden la rehabilitación con criterios de sostenibilidad de los centros urbanos, la mezcla de usos del suelo y un potente programa de transporte público capaz de unir de forma eficiente los nudos más densos de la red urbana (Commission of European Communities, 1990; Ewing, 1997; Gillham, 2002). En términos metropolitanos, se defiende el policentrismo frente a la dispersión, es decir, un modelo de descentralización concentrada (Ewing, 1997; Newman y Kenworthy, 1999; Jenks y Burgess, 2000; Rogers y Gumuchdjian, 2000; Kahn, 2000).

El enfoque de ciudad compacta persigue cuatro objetivos: a) reivindicar el modelo urbano europeo continental frente al estadounidense, b) dar salida a un discurso urbanístico postmoderno hasta entonces demasiado centrado en cuestiones antropológicas vinculadas al lenguaje formal de la arquitectura, c) destacar las ventajas en términos de eficiencia energética vinculadas a la densidad y a la mezcla de usos del suelo, y d) plantear el hecho urbano heredado, no como una carga, sino como una oportunidad, rehuyendo con ello la *tabula rasa* propia de discursos de origen moderno.

Aunque las experiencias individuales que suelen presentarse como ejemplo de un modelo de asentamiento basado en los principios del Enfoque de Ciudad Autosuficiente demuestran un potencial innegable (Morris, 1982; Roseland, 1992; Mollison, 1998); lo cierto es que la mayor parte de la evidencia empírica parece confirmar las ventajas ambientales de la densidad. Trabajos como Owens (1986), Hillman (1996), Newman y

Kenworthy (1999), Camagni *et al.* (2002), Litmann (2010), o Ewing y Cervero (2010) entre otros muchos, señalan la existencia de una correlación negativa entre densidad y consumo energético en el transporte. Por otro lado, Cervero (1991), Sierra Club (1998) o Burchell *et al.* (1998) muestran como la densidad urbana permite reducir el ritmo de conversión de suelo agrícola o forestal en urbano; y LaRivière y LaFrance (1999), Ewing y Rong (2008), Schremmer *et al.* (2009) y Wende *et al.* (2009) apuntan que las tipologías de vivienda de la ciudad compacta (edificio de apartamentos) requieren un menor consumo de energía para su funcionamiento que otras propias de tejidos menos densos (vivienda unifamiliar).

2.2. Comportamientos compensatorios

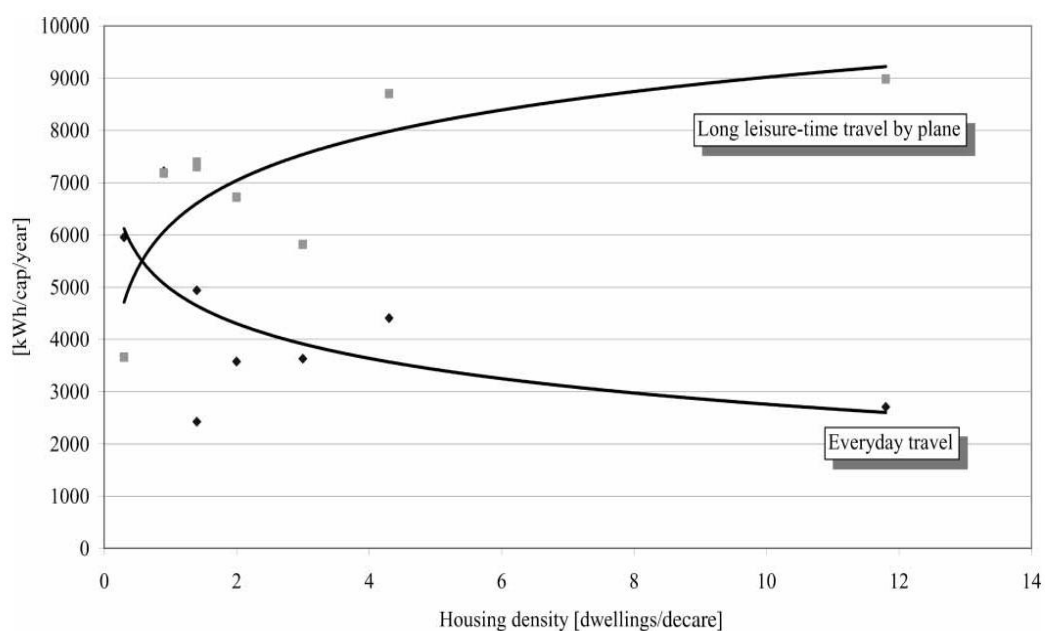
La “hipótesis de la compensación” plantea la posibilidad de que los individuos “compensen” algún efecto no deseado relacionado con el hecho de residir en zonas densas, con una mayor movilidad por motivos de ocio y/o una mayor propensión a disponer de una segunda residencia para fines de semana y vacaciones. En cuanto a la evidencia empírica existente, un primer grupo de trabajos se centran en contrastar si el hecho de residir cerca de alguna zona verde o disponer de un jardín particular incide de forma negativa en la tenencia de una segunda residencia (Dijst y Vermeulen, 1999), o en el número de salidas durante los fines de semana (Kagermeier, 1997, Schlich y Axhausen, 2002); o bien si una elevada densidad vecinal ejerce un efecto de signo contrario (Keers, 1998, Dijst *et al.* 2004; Módenes y López, 2007). Un segundo grupo de trabajos se han centrado preferentemente en los comportamientos compensatorios que implican viajes en avión (Naess, 2005; Holden y Norland, 2005). Debe tenerse en cuenta que las emisiones correspondientes a 1 km en avión equivalen a las emisiones de 2.84 km en coche y que, en los países nórdicos, la mitad de viajes por motivo de vacaciones se llevan a cabo en avión (Eurobarometer, 2011).

La mayoría de estos trabajos detectaron importantes comportamientos compensatorios. No obstante, la variable dependiente utilizada – la probabilidad de disponer de una segunda residencia, la frecuencia de salidas durante los fines de semana, o bien la propensión a desplazarse en avión – no permitía abordar una cuestión fundamental: ¿la energía consumida debido a los comportamientos compensatorios es netamente superior al ahorro energético conseguido entre semana gracias al hecho de residir en un tejido denso? Los trabajos de Holden y Norland (2005) para la ciudad de Oslo (Noruega) y Naess (2005) para Copenhague (Dinamarca) abordan directamente dicha cuestión. Naess (2005) corrobora la hipótesis de la compensación con información sobre 30 municipios daneses,

utilizando como variable dependiente el total de kilómetros recorridos, tanto en los desplazamientos obligados y cotidianos, como en aquellos llevados a cabo durante los fines de semana y el periodo vacacional. Holden y Norland (2005) utilizan como variable dependiente la energía utilizada en movilidad y vivienda; un indicador de eficiencia energética e impacto ambiental claramente superior que los kilómetros recorridos, obteniendo resultados similares a los de Naess (2005).

Los trabajos anteriormente citados han tenido la virtud de señalar importantes limitaciones metodológicas presentes en numerosos estudios cuyos resultados parecían confirmar los beneficios ambientales de la ciudad compacta. No obstante, el trabajo de Høyer y Holden (2003) merece un lugar especial, dado que la evidencia que presentan para la Región Metropolitana de Oslo supone hasta el momento el ataque mejor fundamentado a la asociación *ciudad compacta-ciudad sostenible*. Su estudio utiliza como variable dependiente la Huella Ecológica, un indicador de sostenibilidad fuerte. Además, incorpora tanto el impacto de la movilidad como el de la vivienda, incluyendo el gasto energético corriente y la energía gris de los edificios. Una vez controladas las condiciones socioeconómicas de los individuos, la densidad demostraba tener un efecto positivo y significativo sobre la huella. Las implicaciones de este resultado son descorazonadoras, puesto que una política de compacidad podría llegar a amplificar el impacto global de las ciudades.

Gráfico 1.
Relación entre densidad y consumo vinculado al transporte según motivos de movilidad.



Fuente: Holden y Norland (2005)

Cuadro 1. Resumen trabajos sobre hipótesis compensación

Autor/es	Variable dependiente (método utilizado)	Variable explicativa (urb)	Aplicación
Kagermeier (1997)	Probabilidad de salir (probit)	Jardín Privado	Baviera (Alemania)
Keers (1998)	Probabilidad tener 2ª residencia/caravana (probit)	Densidad vecindario/ciudad	Países Bajos
Dijst y Vermeulen (1999)	Probabilidad tener 2ª residencia/caravana (probit)	Jardín Privado	Países Bajos
Schlich y Auxhausen (2002)	Frecuencia de salir (poisson)	2ª residencia Jardín Privado	Zürich (Suiza)
Dijst <i>et al.</i> (2004)	Probabilidad tener 2ª residencia/caravana (probit)	Tamaño del piso Densidad urbana Jardín Privado	Países Bajos Alemania*
Høyer y Holden (2003)	Huella Ecológica (MCO)	Densidad urbana Distancia al centro Tipo de casa	Noruega
Holden y Norland (2005)	Transporte commuting; energía (MCO) Energía Housing (MCO) Transporte ocio avión, energía (MCO) Transporte ocio avión, energía (MCO)	Densidad urbana Jardín Privado Tipo de casa Tamaño de casa Distancia al centro	Oslo (Noruega)
Næss (2005)	Kilómetros fin de semana (MCO) Kilómetros commuting (MCO) Probabilidad tener 2ª residencia (probit) Probabilidad tomar avión (probit)	Densidad urbana Densidad laboral Distancia al centro Distancia al eje de transporte	Copenhague (Dinamarca)
Módenes y López (2007)	Probabilidad tener 2ª residencia (probit)	Número plantas edificio Tamaño de casa Tamaño del municipio	España

(urb) Sólo especificamos las variables del tipo *forma urbana*. Los estudios también incluyen variables control como la renta.

* No significativo

Fuente: Elaboración propia

3. Huella Ecológica y modelo urbano

La huella ecológica mide el espacio necesario para proporcionar los recursos y absorber los residuos que conlleva nuestro modelo de vida durante un año (Rees y Wackernagel, 1996a). El cálculo de la huella ecológica puede adaptarse a diferentes escalas (individuo, barrio, ciudad, región, país) y actividades (vivienda, transporte, alimentos, etc). Se trata de un indicador de sostenibilidad fuerte que sitúa al consumidor como responsable final de cualquier impacto (Dhakal, 2004; Satterthwaite, 2008). Además, es más completo que las emisiones de CO₂ ya que la huella también incluye el espacio asociado a la obtención de recursos renovables. Por último, se expresa mediante un único valor, cualquier unidad de superficie, por lo que, a diferencia del enfoque multicriterio, es capaz de pronunciarse con claridad sobre si una ciudad tiene un mayor impacto global que otra, o si dicho impacto crece o decrece con el paso del tiempo (Muñiz y Galindo, 2005).

Son diversos los trabajos que han utilizado la huella ecológica para analizar la relación entre modelo urbano (tamaño del asentamiento, densidad, etc) e impacto global. Moos *et al.* (2006) estimaron en 1.2 acres la huella ecológica de Ithaca (Nueva York) correspondiente al espacio dedicado a vivienda, parking y jardín privado. En caso de seguir un modelo urbano del tipo *New Urbanism*, los autores estiman que la huella sería 1.4

acres, pudiendo llegar a los 2.8 acres si se tratara de una promoción inmobiliaria estándar¹. En Eaton *et al.* (2007) se compara el tamaño de la huella per capita de dos asentamientos ingleses, Swindon y Wiltshire - predominantemente urbano el primero y rural el segundo-. Si bien su huella per cápita es casi idéntica, el déficit ecológico (la relación entre el tamaño de la huella y la biocapacidad del área objeto de estudio) es mucho mayor en Swindon, por lo que los autores apuestan por una lectura de los resultados favorable a la zona rural debido al hecho de contar con un capital natural per cápita superior. En dos trabajos posteriores, Moles *et al.* (2008) y O'Reagan *et al.* (2009), se calcula la huella ecológica de 79 asentamientos irlandeses cercanos a dos ciudades del centro, Athlone y Mulligar, y a otras dos ciudades costeras, Sligo y Limerick. Los datos obtenidos muestran una correlación negativa entre el tamaño del asentamiento y su huella per cápita.

4. La Región Metropolitana de Barcelona

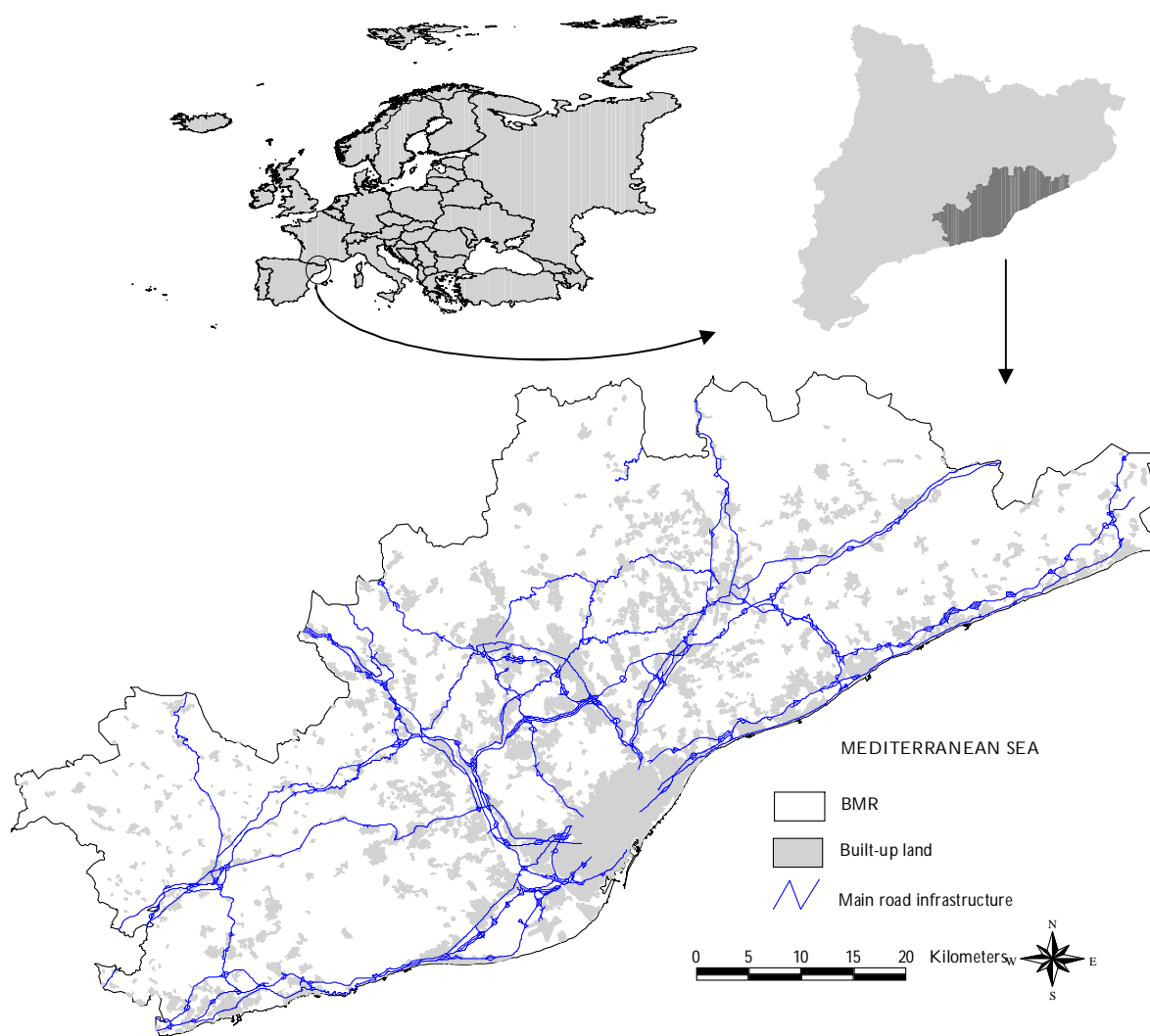
La Región Metropolitana de Barcelona (RMB) es una conurbación policéntrica con un centro destacado, el municipio de Barcelona. A continuación, se extiende una estrecha corona urbanizada bajo principios funcionalistas especializada en funciones residenciales con una elevada presencia de bloques de vivienda masiva. El espacio más periférico está compuesto por amplias zonas no urbanizables, municipios de tamaño medio con una densidad media o baja, y una serie de subcentros de empleo. La RMB concentra dos terceras partes de la población de Catalunya (España), 4.9 millones de habitantes, y más del 70 % de su PIB (el 12% del PIB español). A poca distancia de Madrid, es la segunda región urbana más poblada de España y la sexta de Europa (Font *et al.* 2005; Muñiz y Galindo 2005).

Diversos trabajos han detectado ventajas ambientales vinculadas a la densidad en la Región Metropolitana de Barcelona. Muñiz y Galindo (2005) muestran como, una vez controladas algunas características socio-económicas, la densidad ejerce un efecto negativo sobre la distancia recorrida, el porcentaje de desplazamientos en automóvil y la huella ecológica correspondiente a los desplazamientos residencia-trabajo. De la Fuente (2012) halló resultados similares utilizando como variable dependiente el porcentaje de desplazamientos en transporte privado. En cuanto a la tenencia de una segunda

¹ Teniendo en cuenta además el ahorro de huella que se da en Ithaca en relación a la media estadounidense en los sectores transporte y alimentación gracias al compromiso ambiental de su población, los autores suponen unos importantes beneficios potenciales en términos de huella para Ithaca en comparación a los dos modelos urbanos hipotéticos alternativos contemplados.

residencia, alrededor de un 16% de las familias disponen de al menos una, la mitad de las cuales se encuentran más allá de los límites de la RMB. Resulta destacable el elevado porcentaje de familias que dispone de una segunda vivienda en comparación con otros países del Norte de Europa donde se ha testado la hipótesis de la compensación². La incidencia de dichos desplazamientos es muy importante, dado que suponen hasta un 69% del total de desplazamientos turísticos (IET, 2011).

Mapa 1. La Región Metropolitana de Barcelona



² Se trata de valores próximos a los observados en Portugal, Grecia, Italia (Trilla, 2002)

5. Datos y Metodología

5.1. El cuestionario y otras fuentes de datos

Los datos sobre consumos energéticos en movilidad y vivienda, características socioeconómicas y actitudes ante la sostenibilidad provienen de la explotación de 440 encuestas personales. El proceso de selección de los lugares donde llevar a cabo las encuestas intentó reflejar la variedad de tejidos residenciales y niveles de centralidad existentes en la RMB. La información contenida en los cuestionarios se agrupa en cuatro categorías:

- a) *Perfil familiar* (número de miembros del hogar, renta per capita, tipología hogar)
- b) *Actitudes respecto a la sostenibilidad*. Valoración ambiental del lugar de residencia y peso que tuvo en su elección)
- c) *Vivienda*: tipología de vivienda (primera y segunda en caso de disponer de ella), consumo de energía en gas y electricidad
- d) *Movilidad*: Movilidad obligada, de compras y de fin de semana y vacaciones (número de desplazamientos, modo de transporte y distancia recorrida)

Se incorpora además la *densidad del barrio* y la *distancia al CBD*. Los datos de densidad se calculan con el censo de población y el área de la sección censal se calcula mediante GIS. La distancia recorrida se aproxima considerando la distancia en línea recta entre origen y destino. Por tanto, se trata de un valor que infra-estima la huella real.

5.2. La medida de impacto ambiental global: la huella ecológica

Con la información sobre vivienda y movilidad se calcula la huella ecológica de cada unidad familiar dividida por el número de miembros que la componen (huella ecológica total per cápita). Este valor se obtiene al sumar siete subhuellas:

- 1) *Huella ecológica de los consumos energéticos residenciales (HEener)*
- 2) *Huella ecológica de la energía gris del edificio (HEcons)*
- 3) *Huella ecológica de la movilidad obligada (HEmovol)*
- 4) *Huella ecológica de la movilidad compras (HEmovcot)*
- 5) *Huella ecológica de la movilidad de fin de semana (HEfinde)*
- 6) *Huella ecológica de la movilidad por vacaciones (HEvac)*
- 7) *Huella ecológica espacio ocupado (HEeo)*

Para la obtención de la huella ecológica de los consumos eléctricos residenciales se ha tenido en cuenta el mix energético español referente a las fuentes primarias de energía que aparece en Pagés (2012). La huella ecológica de la energía gris del edificio se calculó utilizando los datos que aparecen en ITeC (2010) y Pagés (2012) sobre energía incorporada

en los materiales. La huella ecológica de la movilidad se ha estimado utilizando los factores de conversión que aparecen en Muñiz y Galindo (2005) para los diferentes modos de transporte utilizados. La huella ecológica del espacio ocupado es la suma del suelo residencial y el espacio ocupado por infraestructuras de transporte del municipio dividido por la población ocupada residente (Censo de población, INE)

5.3. El modelo a estimar:

A continuación se lleva a cabo un análisis multivariante estimado mediante MCO tomando como variable dependiente la huella ecológica total de la vivienda y de la movilidad per cápita (Huella ecológica del modelo urbano). Las variables explicativas pueden agruparse en cuatro categorías:

- a) Variables socio económicas* (número de individuos, tipología del hogar y renta per cápita)
- b) Actitudes ante la sostenibilidad*
- c) dummy* municipio con costa
- d) Estructura urbana* (Densidad, Densidad al cuadrado, Distancia al CBD, Distancia al CBD al cuadrado)

De acuerdo con la evidencia empírica previa sobre el tema, se espera que el número de individuos tenga un signo negativo capturando la existencia de economías de escala en la provisión de servicios en el hogar. El signo esperado de la renta es positivo y se espera que el grupo de “solteros” tenga un impacto significativamente superior al resto de tipologías de hogar. En cuanto a las actitudes ante la sostenibilidad, se preguntó a los encuestados hasta qué punto la elección del lugar de residencia se hizo contando con el hecho de ejercer un bajo impacto ambiental. Al incluir esta información en el modelo se controlan los problemas de auto-selección residencial que podrían sesgar el valor de los parámetros (Schwanen y Mokhtarian, 2005; Mokhtarian y Cao, 2008). Por último, se espera que el hecho de vivir cerca de la costa frene los desplazamientos durante los fines de semana y con ello impacte de forma negativa sobre el valor de la huella.

Una vez controladas las variables socio-económicas, las actitudes ante la sostenibilidad, y el hecho de vivir cerca de la costa, las variables de estructura urbana deberían capturar el “impacto neto” de la forma urbana sobre la huella teniendo en cuenta la posible existencia de comportamientos compensatorios suficientemente importantes como para revertir el bajo impacto ambiental asociado a una elevada densidad y centralidad. Si el coeficiente de la densidad fuera negativo, ello implicaría que, en caso de existir comportamientos compensatorios, no serían suficientemente importantes como para anular los beneficios

ambientales de la densidad en términos de huella, y con ello se cumpliría la *hipótesis de la compensación en un sentido fuerte*. Por el contrario, si el signo resulta ser positivo, implicaría que los comportamientos compensatorios son suficientemente importantes como para que la densidad ejerza un efecto positivo sobre la huella, negando con ello los beneficios ambientales asociados a la densidad. Por último, si el coeficiente de la densidad fuera negativo y el de la densidad al cuadrado positivo implicaría que, a partir de un cierto nivel, no sería posible reducir la huella aumentando la densidad, por lo que se cumpliría la *hipótesis de la compensación en un sentido débil*. El mismo argumento puede extenderse (con el signo invertido) para la distancia al CBD y la distancia al CBD al cuadrado.

6. Principales resultados

Los resultados por subhuellas indican que un 68 % de la huella del modelo urbano (movilidad más vivienda) es huella de vivienda; un 53% se corresponde con la huella de los consumos energéticos corrientes y un 15 % con la energía gris incorporada a los edificios. En cuanto a la huella de la movilidad (un 32% del total) un 15% se debe al commuting, un 2% a la movilidad de compras, un 8% a la movilidad de fin de semana y un 7% a la de vacaciones.

De los resultados anteriores cabe destacar dos aspectos. El primero es que el valor de la huella de vivienda es aproximadamente el doble que la de la movilidad. El segundo es que la huella del commuting es aproximadamente igual que la de fin de semana y vacaciones (un 15% de la huella total del modelo urbano). Este dato por si solo refleja las limitaciones de los estudios sobre sostenibilidad y forma urbana que no consideran los impactos de este segundo tipo de movilidad, cada vez más importante en los países desarrollados.

Se han estimado dos modelos, uno con efectos cuadráticos para la densidad y la distancia al CBD (Modelo 2) y otro sin (Modelo 1), manteniendo el resto de variables explicativas. Los resultados obtenidos para las variables socioeconómicas y la dummy de costa son los esperados. Los hogares unipersonales ocupados por personas solteras tienen un impacto significativamente mayor que el resto. Las dummies correspondientes al resto de grupos familiares no resultaron significativas. El número de miembros que componen el hogar presenta un signo negativo, confirmando la existencia de economías de escala debido a la presencia de importantes costes fijos vinculados a la movilidad y a la vivienda. Tal como cabía esperar, la renta per cápita ejerce un efecto positivo sobre la huella y el hecho de

residir en un municipio costero tiene un impacto de signo contrario, probablemente debido a las posibilidades recreativas que ofrece el mismo municipio donde se encuentra la vivienda principal.

Cuadro 2.

Modelo Econométrico

Variable dependiente: *Huella ecológica de la movilidad y de la vivienda per cápita*)

	Modelo 1	Modelo 2
Constante	0.97 (5.4)	0.61 (3.1)
Numero miembros hogar	-0.19 (5.9)	-0.19 (-6.2)
Renta	8.3e-6 (7.2)	7.9 e-6 (6.7)
Costa	-0.23 (-4.3)	-0.19 (-2.2)
Solteros	0.4 (3.8)	0.4 (4.0)
Densidad	-0.00049 (-1.6)	-0.001 (-2.4)
Densidad cuadrado		2.8.e-6 (2.7)
Distancia CBD	0.01 (3.5)	0.05 (5.5)
Distancia CBD cuadrado		-0.001 (-4.0)
Control resto variables socio-económicas	Si	Si
Control actitudes sostenibilidad	Si	Si
R2 ajustado	0.41	0.44

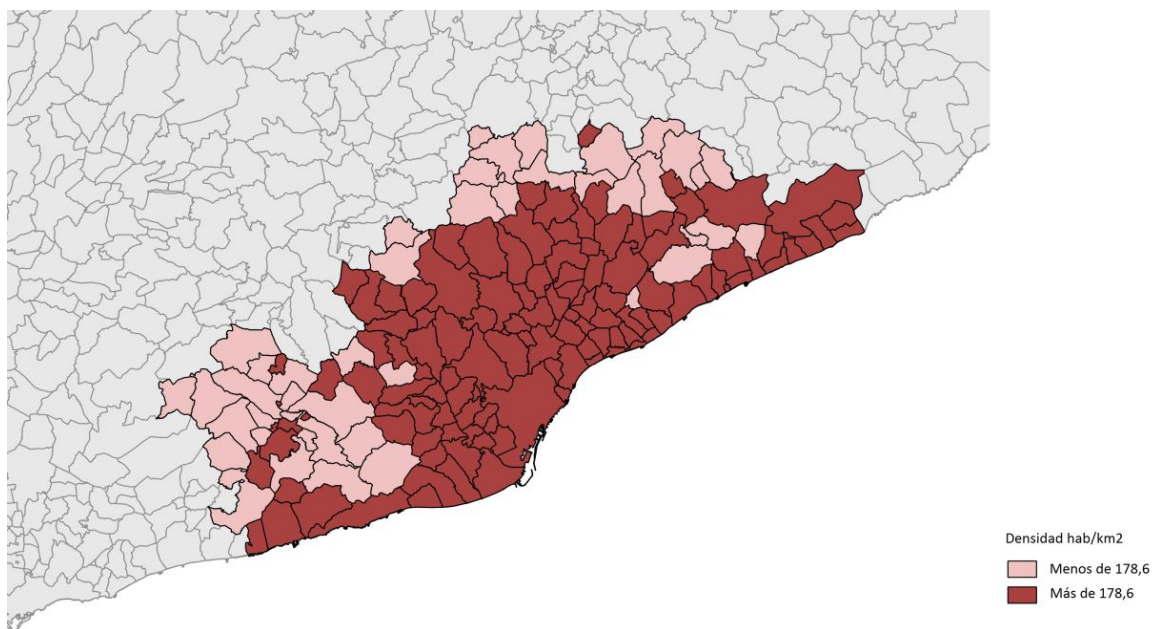
Estimación Mínimos Cuadrados ordinarios (MCO)

Entre paréntesis "t" student

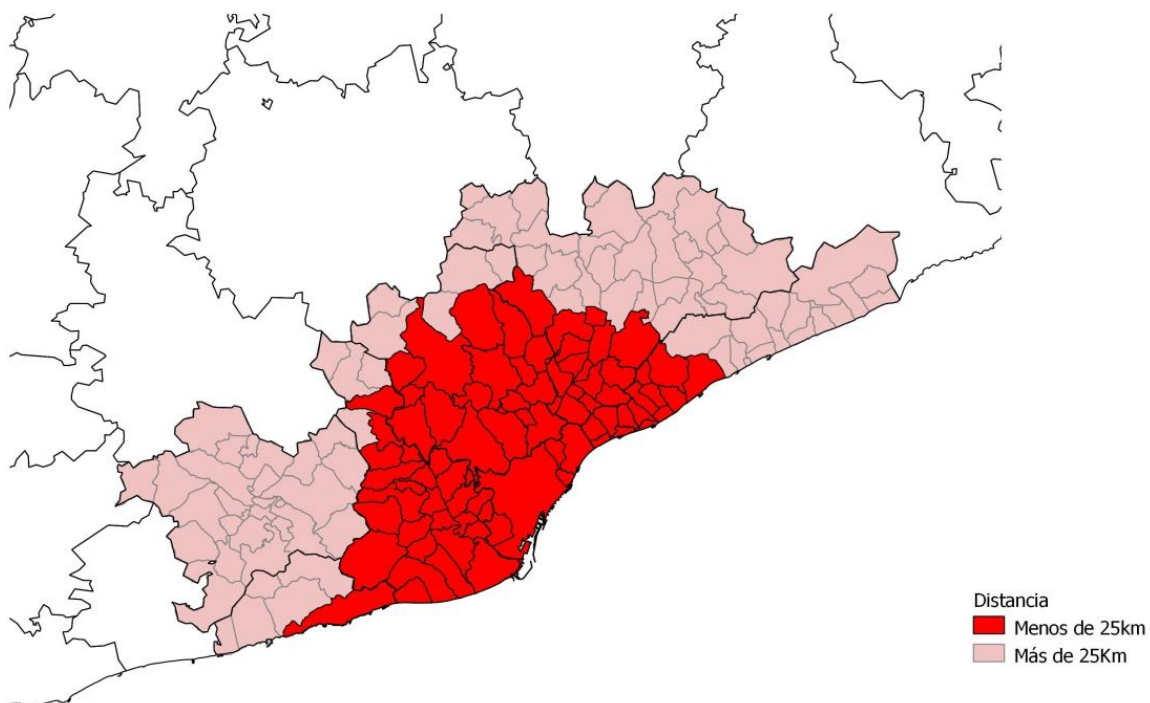
En cuanto a las variables de estructura urbana, en el modelo sin efectos cuadráticos la densidad tiene un signo negativo y la distancia al centro, positivo. Sin embargo, el coeficiente sólo resulta significativo en un 90%. La distancia al centro, ejerce un efecto positivo y significativo. En conjunto, los coeficientes asociados a la estructura urbana del *Modelo 1* descartan la posibilidad de que se cumpla la hipótesis de la compensación en un sentido fuerte. Por otro lado, la baja significatividad del coeficiente de la densidad puede deberse a dos razones. La primera es que la densidad importe poco en términos de huella. La segunda, que no ejerza un efecto lineal, sino sujeto a la presencia de máximos o mínimos locales. Al incorporar los efectos cuadráticos, parece confirmarse la segunda posibilidad, ya que no sólo resultan significativos, sino que también permiten mejorar la significatividad de los coeficientes de la densidad y de la distancia. El mínimo local implícito de la densidad se encuentra en 178,6 hab/km² y el máximo local implícito de la distancia al centro es 25 km. La lectura conjunta de estos resultados indica que, aunque la densidad ejerce un impacto negativo sobre la huella, existe un mínimo (178, 6 hab/km²) a partir del cual el impacto se vuelve positivo; y aunque la distancia al centro ejerce un efecto positivo sobre la huella, existe un máximo (25 km) a partir del cual el impacto pasa a ser negativo. Aunque los mapas que recogen ambos cortes asociados a los óptimos locales de densidad y distancia al centro que se muestran a continuación no encajan perfectamente, sí señalan claramente la necesidad de dar

una solución para los espacios más periféricos de la RMB que considere las posibilidades de un territorio donde los comportamientos compensatorios son reducidos y por tanto ejercen un bajo impacto.

Mapa 2. Densidad superior e inferior al óptimo local (178.6 hah/km²)



Mapa 3. Distancia superior e inferior óptimo local (25 km del centro de Barcelona)



7. Conclusiones

La principal conclusión del estudio es que en la Región Metropolitana de Barcelona no se cumple la hipótesis de la compensación en un sentido fuerte. Es decir, el efecto neto de la densidad sobre la huella ecológica per cápita de la movilidad y de la vivienda es negativo. Este resultado avala un discurso ambiental para las ciudades centrado en la idea de compacidad. Por tanto, parece lógico impulsar medidas que frenen la descentralización de la población y del empleo, o al menos que permitan reconducirla a través de tejidos más compactos y densos. En este sentido, la dispersión urbana que se ha venido dando en Barcelona durante las últimas tres décadas ha venido acompañada de un aumento significativo de impactos asociados a la vivienda y al transporte que podría contenerse en un futuro frenando la aparición de nuevas urbanizaciones residenciales de baja densidad.

Sin embargo, todo parece indicar que existe un nivel máximo de densidad a partir del cual el impacto pasa a ser positivo debido a la creciente importancia de los comportamientos compensatorios. Estos efectos no deseados asociados a una elevada densidad, pueden minimizarse mediante la dotación zonas verdes, áreas peatonales, zonas de tráfico lento y suficientes oportunidades recreativas.

El problema de los viajes largos en avión tiene más difícil solución, ya que el perfil de aquellos que suelen vivir en un centro urbano, especialmente solteros y parejas jóvenes sin hijos, es el más favorable para este tipo de viajes, ya que disponen de la combinación adecuada de dinero, libertad individual, energía y curiosidad intelectual. Este patrón no puede alterarse a través de la forma urbana. Sólo una política de concienciación podría dar algún fruto.

Aunque los resultados son favorables al enfoque ciudad compacta-ciudad sostenible, esto no quiere decir que los argumentos utilizados por los defensores del enfoque de ciudad autosuficiente deban dejarse de lado. Debe recordarse que su apuesta por la baja densidad es muy diferente a la de los suburbios de la ciudad dispersa. Además, conseguir una mayor autocontención en la movilidad, potenciar un consumo preferente de los recursos locales, o utilizar nuevas formas imaginativas de ahorro energético o de suministro de energía como el *district heating*, propuestas todas ellas propias de este enfoque, parecen perfectamente pertinentes si lo que se pretende es reconducir el impacto global de las zonas más dispersas de la RMB hacia niveles más sostenibles. Otras políticas que podrían explorarse en estos entornos serían el tele-trabajo o la promoción de pequeños huertos que permitieran una mayor autosuficiencia en el consumo de alimentos.

Por último, sería interesante probar la hipótesis de la compensación para otras grandes ciudades. La hipótesis de la compensación es probablemente el principal reto al que se enfrenta el Enfoque de Ciudad Compacta y sólo cuando se disponga de información sobre un número suficiente de ciudades podremos saber si la pauta más común es la de Oslo, o más bien la de Barcelona.

Bibliografía

Burchell, R.W.; N.A. Shad; D. Listokin; H. Phillips; A. Downs; S. Seskin; J.S. Davis; T. Moore; D. Helton y M. Gall (1998); *The cost of sprawl-revisited*. TCRP report 39. Washington DC: National Academy Press.

Camagni, R., M.C. Gibelli, y P. Rigamonti, (2002); "Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion". *Ecological Economics*. Vol. 40, pp 199 – 216.

Cervero, R. (1991); Congestion relief: The land use alternative. *Journal of Planning Association and Research*. Vol 10(2). pp 119 – 129.

Commission of European Communities, (1990); *Green Paper on the Urban Environment*. Eur 12902, Brussels: EEC.

De la Fuente, S. (2012); *La influencia de la forma urbana en la movilidad: un análisis empírico para las áreas urbanas de Madrid y Barcelona*. Tesis Doctoral. Departamento Economía Aplicada, UAB.

Dhaka, S. (2004); *Urban Energy use and Green House Gas Emissions in Asian Cities: policies for a sustainable future*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Kitakyushu.

Dijst, M, y B. Vermeulen, (1999); *The second home as a challenge for spatial policy? A study into the compensation hypothesis*, in Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk.

Dijst, M., M. Lanzendorf, A. Barendregt, y L. Smit (2004); "Second Homes in Germany and the Netherlands: Ownership and Travel Impact Explained". *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. Vol 96. No. 2. pp 139 – 152.

Eaton, R., Hammond, G.P. y Laurie, J. (2007); "Footprints on the landscape: an environmental appraisal of urban and rural living in the developed world". *Landscape and Urban Planning*. Vol 83. pp 13 – 28.

Eurobarometer (2011); "Survey on the attitudes of Europeans towards tourism – Analytical report". Flash Eurobarometer 258 – *The Gallup Organisation*. European Commission.

Ewing, R. (1997); "Is Los Angeles-style sprawl desirable?". *Journal of the American Planning Association*. Vol. 63 (1). pp 107 – 126.

Ewing, R. y Cervero, R. (2010); Travel and the Built Environment — A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*. Vol 76. Issue 3.

Ewing, R. y Rong, F. (2008); The impact of urban form on U.S. residential energy use. *Housing Policy Debate*. Vol 19 (1). pp 1 – 30.

- Font, A., Mas, S., Maristany, L., Carreras, J.M. y Valls, J. (2005); *Transformacions urbanitzadores. Àrea Metropolitana i Regió Metropolitana*. Àrea Metropolitana de Barcelona.
- Gillham, O. (2002); *The Limitless City: A Primer on the Urban Sprawl Debate*. Washington DC: Island Press.
- Hillman, M. (1996); In Favour of the Compact City. In: Jenks, M., Burton, E. and Williams, K. Eds. *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, Spon Press, Oxford.
- Holden, E. (2004); "Ecological footprints and sustainable urban form". *Journal of Housing and the Built Environment*. Vol 19. pp 91 – 109.
- Holden, E. y Norland, I.T. (2005); Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: Household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo region. *Urban Studies*. Vol 42. No 12. pp 2145 – 2166.
- Høyer, K. y E. Holden (2003); "Household consumption and ecological footprints in Norway does urban form matter?". *Journal of Consumer Policy*. No 26. pp 327 – 349.
- IET (2011); Datos de la base de datos de "Movimientos Turísticos de los Españoles" (FAMILITUR). Descargado Abril 2011.
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC) (2010); *Euroconstruct. Perspectiva del sector de la construcció a Europa*. Barcelona.
- Jenks, M. y R. Burgess eds. (2000); *Compact Cities: sustainable urban forms for developing countries*. London: E. & F.N. Spon.
- Kagermeier, A. (1997); "Settlement structure and mobility: an empirical study of the case of South Bavaria". *Dormunder Vertrieb für Bau und Planungs literatur*, Dortmund.
- Kahn, M.E. (2000); "The environmental impact of suburbanization". *Journal of Policy Analysis and Management*. No 19. Issue 4. pp 569 – 586.
- Keers, G. (1998); "Meer dan een Woning". Verslag Workshop. Amersfoort. Den Haag.
- Larivière, I. y Lafrance, G. (1999); "Modelling electricity consumption of cities: Effect of urban density". *Energy Economics*. Vol 21. pp 53 – 66.
- Litmann, T. (2010); *Land Use Impacts on Transport. How Land Use Factors Affect Travel Behavior*. Victoria Transport Policy Institute.
- Módenes, J.A. y J. López (2007); "Second homes and compact cities in Spain: two elements of the same system?". *Journal of Economic and Social Geography*. Vol 98. Issue 3. pp 325 – 335.
- Mokhtarian, P.L. y Cao, X. (2008); "Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: A focus on methodologies". *Transportation Research Part B: Methodological*. Vol 42. No 3. pp 204 – 228.
- Moles, R., Foley, W. Morrissey, J. y O'Regan (2008); "Practical appraisal of sustainable development-Methodologies for sustainability measurement at settlement level". *Environmental Impact Assessment Review*. Vol 28. pp 144 – 165.
- Mollison, B. (1998); *Permaculture. A Designer's manual*. Ed. Tagari, Tyalgum Australia
- Moos, M., Whitfield, J., Johnson, L. y Andrey, J. (2006); "Does Design Matter? The Ecological Footprint as a Planning Tool at the local level. *Journal of Urban Design*. Vol 11. No 2. pp 195 – 224.
- Morris, D. (1982); *Self-reliant cities: Energy and the transformation of urban America*. Sierra Club Books, San Francisco.

- Muñiz, I. y A. Galindo (2005); "Urban Form and the Ecological Footprint of Commuting. The Case of Barcelona". *Ecological Economics*. Vol 55. pp 499 – 514.
- Naess, P. (2001); Urban planning and sustainable development. *European Planning Studies*. Vol 9. No 4. pp 503 – 524.
- Næss, P. (2005); "Residential location affects travel behaviour – but how and why? The case of Copenhagen". *Progress in Planning*. Vol 63. pp 167 – 257.
- Naess, P. (2006); "Are short daily trips compensated by higher leisure mobility? *Environment and Planning B: Planning and Design*. Vol 33. pp 197 – 220.
- Newman, P.W.G. y Kenworthy, J.R. (1999); *Sustainability and Cities. Overcoming Automobile Dependence*. Washington, DC/Covelo, CA: Island Press.
- Owens, S. (1986); *Energy, Planning and Urban Form*. London: Pion Limited.
- O'Reagan, B., Morrissey, J., Foley, W. y Moles, R. (2008); "The relationship between settlement population size and sustainable development measured by two sustainability metrics". *Environmental Impact Assessment Review*. Vol 29. Issue 3. pp 169 – 178.
- Pagès, A (2012); "Caracterització del sector de l'edificació des del punt de vista de les emissions de gasos d'efecte hivernacle". Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Rees, W. y Wackernagel, M. (1996a); *Our Ecological Footprint*. The New Catalyst Bioregional Series, Canada.
- Rogers, R. y P. Gumuchdjian (2000); *"Ciudades para un pequeño planeta"*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Roseland, M. (1992); *Towards sustainable communities*. Ottawa: National Round Table on the Environment and the Economy.
- Satterthwaite, D. (2008); Cities' contribution to global warming: Cities on the allocation of greenhouse emissions. *Environment & Urbanization*. Vol 20(2). pp 539 – 549.
- Schlich, R. y K. W. Axhausen (2002). "Wohnumfeld und Freizeitverkehr eine Untersuchung zur Fluchttheorie", *Arbeitsberichte Verkehr und Raumplanung*, 155, IVT, ETH, Zürich.
- Schremmer *et.al.* (2009); Urban development and urban metabolism: A spatial approach, SUME – Sustainable Urban Metabolism in Europe (FP7), Deliverable D 1.1, October 30, 2009.
- Schwanen, T. y Mokhtarian, P.L. (2005); "What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods?". *Journal of Transport Geography*. Vol 13. No 1. pp 83 – 99.
- Sierra Club (1998); *Sprawl: The Dark Side of the American Dream*. Report 98.
- Trilla, C. (2002). *La política de l'habitatge en una perspectiva europea comparada*. Fundació La Caixa. Barcelona. [ISBN: 84-88099-83-5]
- Wende, W.; Huelsmann, W.; Marty, M.; Penn-Bressel, G. y Bobylev, N. (2010); "Climate protection and compact urban structures in spatial planning and local construction plans in Germany". *Land Use Policy*. Vol 27. pp 864 – 886.

Últims documents de treball publicats

NUM	TÍTOL	AUTOR	DATA
12.05	Los límites de la compacidad urbana como instrumento a favor de la sostenibilidad. La hipótesis de la compensación en Barcelona medida	Ivan Muñiz, Daniel Calatayud, Roger Dobaño	Maig 2012
12.04	Economic structure and key sectors analysis of greenhouse gas emissions in Uruguay	Matías Piaggio, Vicent Alcántara, Emilio Padilla	Abril 2012
12.03	"Deuda hídrica y escasez. Análisis MRIO del uso del agua en Andalucía"	Francisco Navarro, Cristina Madrid	Febrer 2012
12.02	Recursos naturales y desarrollo en el Chad: ¿maldición de los recursos o inserción periférica?	Artur Colom-Jaén	Gener 2012
12.01	Construcción de un modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO) medioambiental para Cataluña y el resto de España: Estudio del balance en CO2 incorporado en el	Francisco Navarro	Gener 2012
11.09	Factor shares, the price markup, and the elasticity of substitution between capital and labor.	Xavier Raurich, Hector Sala	Setembre 2011
11.08	Crecimiento economico y estructura productiva en un modelo Input-Output: Un analisis alternativo de sensibilidad de los coeficientes.	Vicent Alcántara	Juny 2011
11.07	EXPLANATORY FACTORS OF CO2 PER CAPITA EMISSION INEQUALITY IN THE EUROPEAN UNION	Emilio Padilla, Juan Antonio Duro	Maig 2011
11.06	Cross-country polarisation in CO2 emissions per capita in the European Union: changes and explanatory factors	Juan Antonio Duro, Emilio Padilla	Maig 2011
11.05	Economic Growth and Inequality: The Role of Fiscal Policies	Leonel Muñelo, Oriol Roca-Sagalés	Febrer 2011
11.04	Homogeneización en un Sistema de tipo Leontief (o Leontief-Sraffa).	Xose Luis Quiñoa, Laia Pié Dols	Febrer 2011
11.03	Ciudades que contribuyen a la Sostenibilidad Global	Ivan Muñiz Olivera, Roser Masjuan, Pau Morera, Miquel-Àngel Garcia Lopez	Febrer 2011
11.02	Medición del poder de mercado en la industria del cobre de Estados Unidos: Una aproximación desde la perspectiva de la Nueva Organización Industrial	Andrés E. Luengo	Febrer 2011
11.01	Monetary Policy Rules and Financial Stress: Does Financial Instability Matter for Monetary Policy?	Jaromír Baxa, Roman Horváth, Borek Vašíček	Gener 2011
10.10	Is Monetary Policy in New Members States Asymmetric?	Borek Vasicek	Desembre 2010