
XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.

Evaluación de la justicia ambiental por distritos urbanos como base para las políticas y la intervención públicas

A. Moreno Jiménez^{a*}, M.J. Vidal Domínguez^a, R. Cañada Torrecilla^a

^aDepartamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

La problemática de las injusticias ambientales demanda diagnósticos por unidades espaciales adecuadas para la formación de decisiones públicas. De acuerdo con ello en esta contribución se pretende: a) abordar el análisis de la exposición potencial de ciertos grupos vulnerables de la población a una polución atmosférica excesiva en Madrid; b) explorar la idoneidad de diversas herramientas analíticas para tal fin; y c) proporcionar bases para el examen de las injusticias ambientales por distritos urbanos, dada su idoneidad para la gobernanza municipal. Metodológicamente se ha procedido a modelar la distribución espacial de dos contaminantes del aire en toda el área urbana, a partir de los datos de las estaciones de medición. Luego se ha medido la exposición de ciertos grupos demográficos vulnerables a alta contaminación y se ha sintetizado los resultados por distritos. Los hallazgos clarifican qué grupos vulnerables y con qué intensidad están más o menos expuestos a alta contaminación y en qué distritos, desvelando así inequidades ambientales y facilitando las deseables intervenciones correctoras.

Palabras clave: justicia ambiental; población vulnerable; contaminación del aire; sistemas de información geográfica

* E-mail: antonio.moreno@uam.es.

1. Introducción

La idea actual del desarrollo territorial asume que se ha de conciliar principios tales como calidad de vida y bienestar, sostenibilidad, cohesión social y territorial, competitividad, justicia espacial, empoderamiento social, participación y responsabilidad, etc. Otro principio cuya notoriedad internacional está creciendo de forma importante es el de justicia ambiental (EJ).

Aunque el concepto de justicia ambiental es complejo (vid. Moreno, 2010; Walker, 2012), cabe subrayar que implica, entre otras cosas, que las “cargas” ambientales (peligros, degradación, malestar, insalubridad, etc.) recaigan y sean soportadas por los diversos grupos socio-espaciales de forma no discriminatoria, es decir, que afecten y se repartan equilibradamente entre ellos, evitando particularmente los impactos excesivos y desproporcionados sobre los más débiles, desfavorecidos o vulnerables.

Como críticamente ha señalado Mitchell (2011), la evaluación rigurosa de tales injusticias, está en sus comienzos, debido a problemas diversos. Un problema de los análisis sobre el tema estriba en la elección de las unidades espaciales sobre las que realizar y emitir diagnósticos sobre la JA. La demarcación de las mismas posee implicaciones dobles: por un lado, y debido al conocido problema de la unidad espacial modificable (PUEM), ello condicionará los resultados, con el riesgo de su cuestionamiento por artificiosos. Por otro, su ajuste o no a las circunscripciones administrativo-territoriales puede afectar a su aceptación por los organismos competentes y a su aplicabilidad, por lo que conviene plantearse generar análisis por divisiones de gobernanza territorial realistas.

A partir de estas premisas, en esta contribución se pretende: a) abordar el análisis de la exposición potencial de ciertos grupos de población vulnerables a una polución atmosférica excesiva (i.e. no equitativa) en Madrid, utilizando los distritos municipales como unidades espaciales, para comparar su situación; b) presentar y explorar la idoneidad de diversas herramientas analíticas para tal fin y valorar sus potencialidades; c) proporcionar bases para el diagnóstico útil de la justicia ambiental por distritos, dada la idoneidad de tales demarcaciones para la gobernanza municipal. Ello permitiría mejorar la difusión y aceptación de ese conocimiento entre los agentes urbanos, lo que impulsaría el diseño y adopción de políticas locales al respecto.

En el siguiente apartado se introducen someramente las cuestiones metodológicas, para luego presentar los resultados obtenidos acerca de la exposición de seis grupos vulnerables de población a atmósfera contaminada en Madrid, y terminar con una recapitulación.

2. Aspectos metodológicos

La ciudad objeto de estudio, Madrid, cuenta con 3.215.633 habitantes (1 de Enero del 2013), posee una extensión de 605,77 km² y está dividido en 21 distritos (figura 1). Como ámbito de estudio estricto se ha utilizado el *área urbana poblada (AUP)*, definida como aquel ámbito (y su entorno cercano) en el que hay una notable presencia habitual de residentes. De manera operativa se incluyeron las zonas de uso residencial, comercial, ocio, etc. y se excluyeron las grandes áreas de uso industrial, transporte, etc. donde la densidad diaria era baja (figura 1). Los *datos demográficos* por secciones censales proceden del Padrón Municipal de Habitantes (PMH) referido al 1 de enero de 2010. Dicha población fue repartida en una cuadrícula (raster) con píxeles de 50 m. Análisis de la distribución de estos grupos de población vulnerables se pueden hallar en Vidal y Palacios (2012) y Palacios y Vidal (2013).

Los datos de *contaminación del aire* proceden del Ayuntamiento y de la Comunidad de Madrid (estaciones del interior del municipio de Madrid y de municipios limítrofes). Las variables ambientales elegidas han sido la concentración media anual en la atmósfera de dióxido de nitrógeno (NO₂) y de partículas inferiores a 10 µm (PM₁₀) en el año 2010. La estimación de la polución en el AUP, se hizo con un procedimiento de interpolación espacial con varias etapas descrito en Cañada *et al.* (2014), de cara a lograr una cobertura satisfactoria (píxeles de 50 m).

Según la normativa española, la Unión Europea (UE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) se sitúan en 40 µg/m³ para el NO₂ y como tal se aplicará aquí. Para las PM₁₀ el nivel admisible en España y la UE es de 40 µg/m³, pero la OMS lo fija en 20. Aquí se usará este último valor, más estricto, para hablar de alta o baja polución.

Finalmente, se procedió a calcular la población expuesta distinguiendo por grupos de edad los niños entre 0 y 4 años, los mayores de 80 y más años. Además de los extranjeros agrupados por continentes: europeos (polacos, rumanos, búlgaros, rusos y ucranianos), centroamericanos y latinoamericanos, africanos y asiáticos expuestos potencialmente a una contaminación superior e inferior a los niveles de referencia, como indicadores sintéticos (*vid.* Moreno, 2012). Frente a otros análisis de la JA que examinan y presentan los resultados para el conjunto de la ciudad como un todo (e. g. Moreno, 2007; Moreno, 2013, Moreno y Cañada, 2007), en el presente trabajo los datos de población (inicialmente por secciones censales) y de contaminación estimada (por píxeles de 50 m) se han agregado y analizado por distritos municipales. Aparte de para el conjunto de la ciudad, para cada distrito se obtuvieron las cuantías de población total y de grupos vulnerables por encima de los límites mencionados antes. Para describir la situación entre distritos y valorarla desde la JA se adoptaron como cifras de referencia los porcentajes de población total expuesta a alta polución en el conjunto de la ciudad (para cada contaminante). El análisis se ha basado en un indicador para cada grupo vulnerable *g* en cada distrito *d*, Δ_{gd} construido así:

$$\Delta_{gd} = (PE_c * 100 / P_c) - (PE_{gd} * 100 / P_{gd}) \quad (1)$$

Siendo:

PE_c = población total expuesta a polución por encima del límite normativo en la ciudad,

P_c = población total de la ciudad,

PE_{gd} = población en el distrito *d* de un determinado grupo vulnerable, *g*, expuesta a una polución por encima del nivel normativo,

P_{gd} = población total del grupo vulnerable *g* en el distrito *d*.

De esta forma, una diferencia nula implicaría que los residentes de un grupo dado, *g*, soportan en el distrito *d* una exposición similar a la del conjunto urbano. Cifras positivas significarían que dicho grupo muestra una exposición inferior a la de la población de la ciudad y que, por tanto, está en una situación más favorable. Por el contrario, diferencias negativas significarían que dicho grupo muestra una exposición superior a la de la población de la ciudad y que por tanto está en una situación más desfavorable; en este caso se podría interpretar como injusticia ambiental para los miembros de ese grupo en dicho distrito. Los tratamientos han sido ejecutados con ArcGIS y Excel.



Fig. 1. División por distritos en Madrid y área urbana poblada. Fuente: Ayuntamiento de Madrid y elaboración propia.

3. Resultados

Puesto que a los contaminantes del aire se les considera los mayores responsables de la carga ambiental negativa que se puede generar en un ámbito urbano, se trata ahora de mostrar qué grupos vulnerables y en qué distritos hay una situación de exposición mayor o menor a una atmósfera contaminada, siempre en términos relativos, es decir, con respecto a la situación general en la ciudad (“penalización” ambiental de referencia).

Dado que el patrón de concentración de cada uno de los dos contaminantes para 2010 se toma como representativo de dicho año y, por tanto, único, conviene recordar que las variaciones que entre grupos (y distritos) afloran se deberán al patrón de localización intraurbana de cada uno de ellos.

3.1. La desigual exposición de los grupos de población vulnerables al dióxido de nitrógeno (NO_2) por distritos en la ciudad de Madrid

El grado de exposición potencial de la población a concentraciones de este contaminante superiores $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el conjunto de la ciudad es muy elevado: 95,23 %, existiendo una mayoría de distritos (la parte

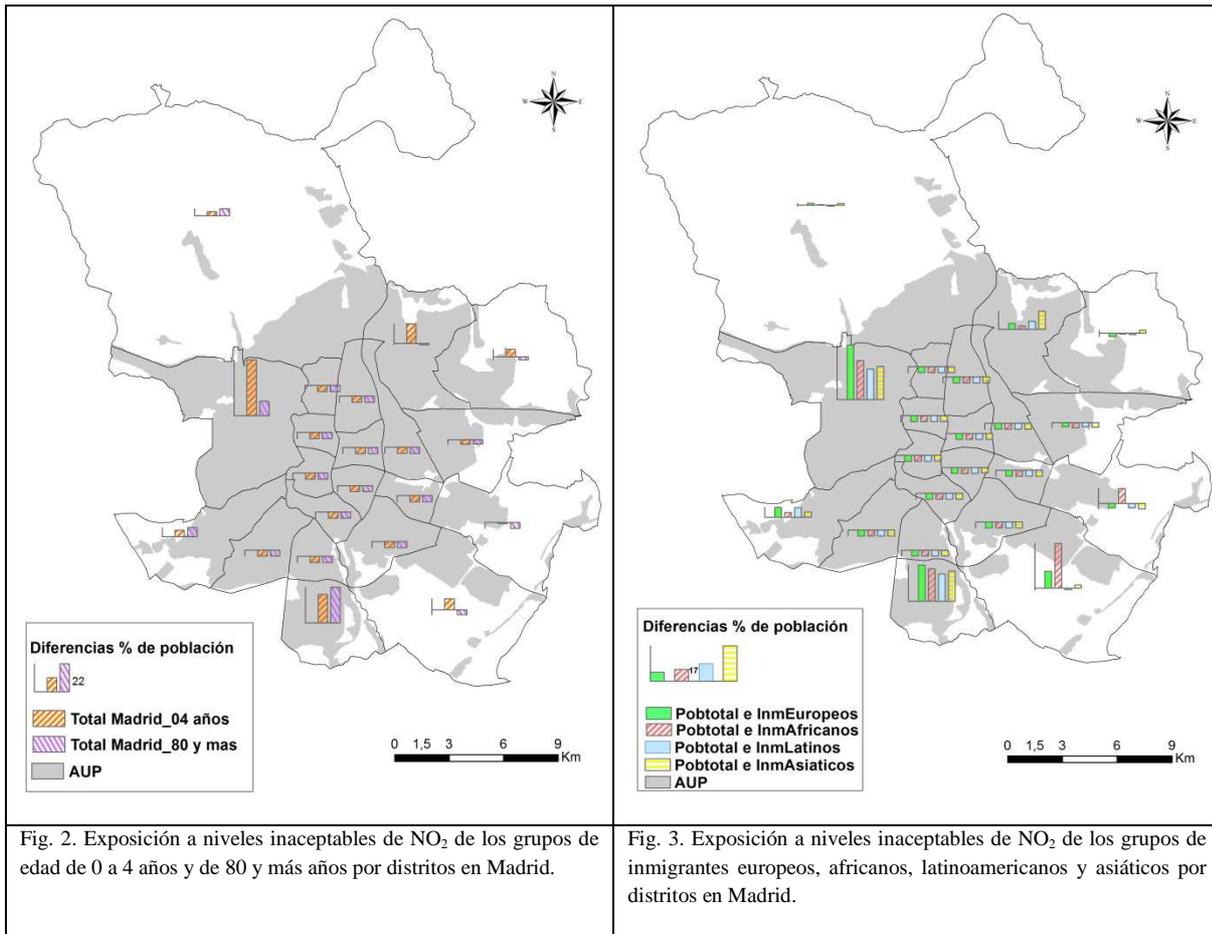
central y SW) que en su totalidad superaban dicho umbral. Solo en algunos periféricos, sobre todo del S y W, hay zonas de cierta extensión con polución media inferior a ese valor. Los resultados de exposición por distritos de los grupos vulnerables traducen ese patrón básico con variantes diversas. Los mapas de las figura 2 y 3 permiten visualizarlas para los grupos de edad de niños y ancianos por un lado, y para los grupos de inmigrantes por otro.

En la figura 2 se constata esa mayoría de distritos en los que las barras de ambos grupos de edad quedan de forma ligera y homogénea por debajo de la línea horizontal que marca la equi-exposición, i.e. un porcentaje similar a la de la ciudad. En todos ellos, tanto niños como ancianos soportan una carga ambiental por este contaminante proporcionalmente superior a la carga estimada para toda la ciudad. En bastantes distritos periféricos la situación es distinta a la descrita, aunque dista de ser homogénea. En efecto, las barras ahora suelen estar por encima de la línea de equi-exposición, si bien, las alturas de las mismas resultan dispares. De manera más concreta, destacan dos distritos sobremanera, Moncloa-Aravaca al W y Villaverde al S, donde los niños y los ancianos claramente poseen una sub-exposición a este contaminante, en comparación con la del conjunto de la ciudad. En varios distritos periféricos más esa sub-exposición de uno u otro grupo, o de ambos simultáneamente, aparece también, pero ya con menor intensidad: Barajas, Hortaleza, Fuencarral- El Pardo en el N y Latina y Villa de Vallecas en el S. En todos ellos, por tanto cabría señalar una mejor situación (relativa) respecto al conjunto de la metrópoli.

En resumen, y a tenor de esos resultados, los ancianos y niños del primer conjunto de distritos sufrirían una ligera y no equitativa penalización (por excesiva), en tanto que en los segundos, alguno de esos grupos de edad estaría algo favorecido por una menor “carga”, siempre en términos comparativos. Las razones de estos resultados hay que buscarlas en fenómenos tales como las emisiones vehiculares más intensas en el interior urbano, la existencia en la periferia de mayor cantidad de zonas verdes, públicas y privadas, etc.

En lo concerniente a los cuatro grupos de inmigrantes extranjeros (figura 3) el patrón general de sobre- y sub-exposición en la ciudad resulta concordante con el anterior: por un lado, una mayoría de distritos del interior y alguno periférico con una ligera sobre-exposición (barras bajo la línea de equi-exposición en el mapa 3); y por otro, un subconjunto de distritos, fundamentalmente periféricos, donde aparecen ya grupos de inmigrantes subexpuestos, aunque en cuantía bastante variable. El examen más pormenorizado de ese ámbito periférico hace resaltar que, de nuevo, en Moncloa-Aravaca y Villaverde los cuatro grupos de extranjeros soportan una significativamente menor carga por NO₂ atmosférico que la población de la ciudad. Ello mismo sucede a los africanos en Villa de Vallecas y Vicálvaro, aunque aquí con menor intensidad. En los restantes distritos exteriores esa beneficiosa sub-exposición aparece ya en menor grado: en Latina para todos ellos, y en otros distritos solo para algunos grupos de inmigrantes, e. g. europeos en Villa de Vallecas o asiáticos en Hortaleza.

En resumen, la desventaja o no equidad por excesiva carga ambiental de NO₂ para los inmigrantes se plasma también en un amplio conjunto de distritos interiores y alguno periférico, en tanto que las situaciones de menor exposición comparativa (i.e. beneficio relativo) emergen en los distritos exteriores, singularmente en dos de ellos.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y del Ayuntamiento de Madrid. 2010.

3.2. La desigual exposición de los grupos de población vulnerables a las partículas atmosféricas (PM₁₀) por distritos en la ciudad de Madrid

El grado de exposición potencial de la población a concentraciones de este contaminante superiores a 20 µg/m³ es también muy elevado en el conjunto de la ciudad: 91.48 %. Los grupos de edad de 0 a 4 años y los de más de 80 años muestran divergencias dispares respecto a ese porcentaje (figura 4). Un primer conjunto de distritos, que integra a todos los centrales y los de la parte oriental y meridional, sufre una exposición al contaminante superior a la observada en la ciudad (diferencias negativas). Ello se vincularía a la intensidad de tráfico, las elevadas densidades edificatoria y poblacional y las pocas zonas verdes del interior. En los distritos periféricos la concentración de partículas cabría relacionarla además con el extenso terreno baldío o desnudo que facilita la acción del viento y la dispersión de polvo en la atmósfera.

El segundo conjunto reúne solo cuatro distritos (figura 4) del arco periférico NE-W-SW. En todos ellos los niños aparecen como claramente subexpuestos (respecto al conjunto de la ciudad), en tanto que los mayores de 80 años solo destacan como “favorecidos” claramente en dos, Fuencarral-El Pardo y Latina. La existencia de zonas de baja polución en esos distritos, permite a ciertos grupos tener una exposición algo mejor (menor) que la del conjunto urbano.

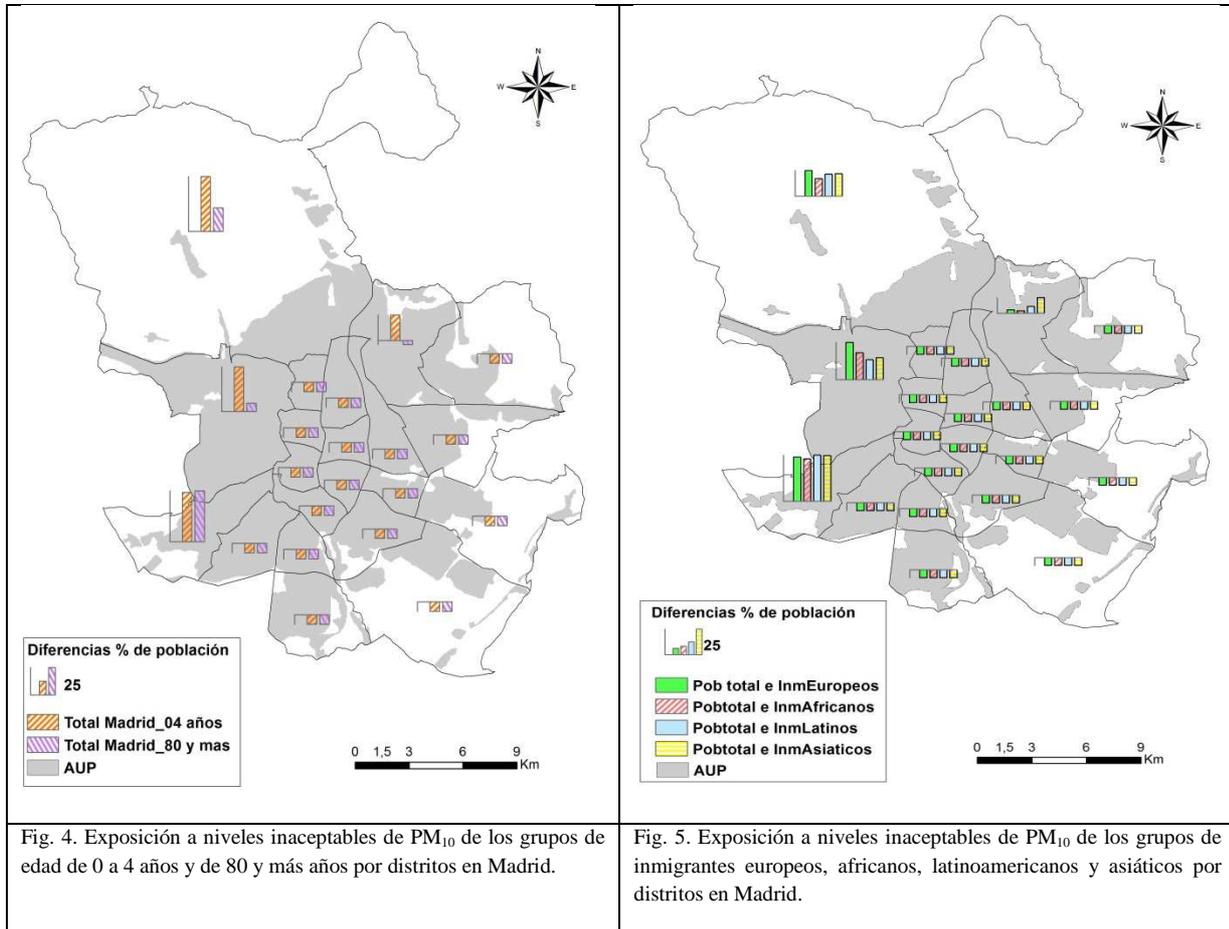


Fig. 4. Exposición a niveles inaceptables de PM₁₀ de los grupos de edad de 0 a 4 años y de 80 y más años por distritos en Madrid.

Fig. 5. Exposición a niveles inaceptables de PM₁₀ de los grupos de inmigrantes europeos, africanos, latinoamericanos y asiáticos por distritos en Madrid.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y del Ayuntamiento de Madrid, 2010.

El panorama de exposición comparativa a las PM₁₀ para los inmigrantes extranjeros es similar a la de los grupos de edad (figura 5): en los distritos centrales, del E y del S soportan una exposición mayor a las MP₁₀ excesivas (i.e. peor que en el conjunto de la ciudad); en los distritos periféricos del N y W, están claramente subexpuestos, quedando Hortaleza (al NE) con una exigua ventaja comparativa (por encima pues de la línea de equi-exposición).

Según lo expuesto, en el conjunto de la ciudad afloran desigualdades notorias en exposición potencial a elevadas PM₁₀. Todos los grupos vulnerables aparecen penalizados comparativamente en los distritos

centrales, del E y S, quedando en una situación algo más favorable los que residen en el arco periférico NE-W-SW, donde hay una fracción significativa de espacio y población con niveles de exposición más aceptables.

4. Conclusiones

La medición de la desigual exposición potencial al aire contaminado, valorable en términos de injusticias ambientales, precisa de una aproximación comparativa. A tal fin, en este trabajo se ha solventado la evaluación considerando, por un lado los niveles de contaminación inadmisibles y por otro la carga que recae sobre la población total (porcentaje de expuestos). Las diferencias proporcionales entre tal porcentaje y los de los grupos vulnerables por distritos ofrecen una medida sencilla de desvelar y valorar la magnitud de esas diferencias.

Los patrones de contaminación estimados, junto con la distribución relativa de los grupos vulnerables son la base para obtener unos resultados numérica y cuantitativamente expresivos. En Madrid, y para los contaminantes analizados, se han evidenciado desigualdades por distritos que sintéticamente, y en cuanto al NO₂, penalizan a quienes residen en las zonas interiores y en la parte oriental y “benefician” comparativamente a ciertos grupos vulnerables de algunos distritos periféricos (Moncloa-Aravaca y Villaverde sobretodo). Los resultados muestran cierta similitud con los de las PM₁₀; ahora los distritos con grupos vulnerables “favorecidos” son sobre todo los tres occidentales (Fuencarral-El Pardo, Moncloa-Aravaca y Latina), en tanto que en los restantes (interior, E y S) predomina una desventaja comparativa.

Para terminar procede subrayar el potencial de estos hallazgos para la gobernanza local y para orientar medidas en pro de la sostenibilidad y del reequilibrio urbanos.

Agradecimientos

Esta trabajo se ha elaborado dentro del proyecto de investigación “Contaminación atmosférica urbana y justicia ambiental: metodología de evaluación y estudio de casos con sistemas de información geográfica”, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, referencia CSO2011-26177. Se agradece la labor de la Lda. Ana Mellado San Gabino, en la obtención de parte de los resultados.

Referencias

- Cañada Torrecilla, R., Moreno Jiménez, A. y González Lorenzo, H. (2014). Modelado de la calidad del aire urbano. Un experimento metodológico con técnicas interpolación espacial. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (en publicación).
- Mitchell, G., 2011. Environmental justice: an overview, In J. Nriagu (Ed.). *Encyclopedia of Environmental Health*, Amsterdam, London, Elsevier, 449–458.
- Moreno Jiménez, A. (2007). ¿Está equitativamente repartida la contaminación sonora urbana? Una evaluación desde el principio de justicia ambiental en la ciudad de Madrid. *Estudios Geográficos*, 263, p. 595-626.
- Moreno Jiménez, A. (2010). Justicia ambiental. Del concepto a la aplicación en análisis de políticas y planificación territoriales. *Scripta Nova*, XIV, 316, 33. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-316.html>
- Moreno Jiménez, A., (2012). Evaluación de la justicia ambiental con sistemas de información geográfica. In Moreno Jiménez, A., Buzai, G. D. y Fuenzalida Díaz, M. (Eds.), *Sistemas de información geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Madrid, Ra-Ma, 173-202.
- Moreno Jiménez, A. (2013). Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: análisis desde la justicia ambiental basado en sistemas de información geográfica. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 52, 1, 84-107.

- Moreno Jiménez, A. y Cañada Torrecilla, R. (2007). Justicia ambiental y contaminación atmosférica por dióxido de azufre en Madrid: análisis espacio temporal y valoración con sistemas de información geográfica. *Boletín de la AGE* 44. (2007): 301-324. Impreso.
- Palacios García, A. y Vidal Domínguez, M.J. (2013). La distribución intraurbana de los inmigrantes en las ciudades españolas: un análisis de casos con SIG y técnicas cuantitativas. *Espacios insulares y de frontera, una visión geográfica. XXIII Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, 457-464. CD-ROM.
- Vidal Domínguez, M.J. y Palacios García, A. (2012). Apuntes metodológicos para el estudio de las desigualdades sociodemográficas intraurbanas. En Reques, P. y Cos, O. de (eds.), *La población en clave territorial. Procesos, estructuras y perspectivas. XIII Congreso de la Población Española*. Santander, Universidad de Cantabria, etc. 457-465. CD-ROM.
- Walker, G. (Ed.) (2012). *Environmental justice: concepts, evidence and politics*. London, Routledge.