

Metodología para la ubicación de tejados verdes en entornos urbanos

Paula Anza Goñi¹,
Javier Velázquez Saornil²,
Javier Gutiérrez Velayos²,
Beatriz Sánchez Reyes²

¹ Graduada en Ingeniería Forestal y Ciencias Ambientales.
SAITEC

² Universidad Católica de Ávila

El presente estudio versa sobre el diseño de una metodología para la correcta ubicación de tejados verdes en la ciudad de Madrid, que ayuden a paliar las consecuencias de la excesiva contaminación, tráfico y escasez de áreas verdes. Su empleo logra, entre otras ventajas, reducir los efectos de la isla de calor, disminuir la contaminación acústica, reducir la contaminación, proteger las viviendas de la insolación y el frío, captar el agua de lluvia o mejorar la biodiversidad.

Para determinar los barrios de actuación se han analizado cuatro variables: contaminación, intensidad de tráfico, presencia de áreas verdes y densidad de población. Basándose en ellas se seleccionan los barrios más conflictivos desde el punto de vista ambiental y que presenten mayores densidades poblacionales, para así beneficiar a un mayor número de habitantes. Una vez seleccionados los barrios donde es necesario actuar se analiza la altura de los edificios para escoger aquellas azoteas que se encuentren a una altura similar a la del arbolado urbano y que tengan una superficie plana para su correcta instalación. Con esta decisión se ayuda a mejorar la conectividad de los espacios verdes de Madrid, favoreciendo la dispersión de las especies vegetales y animales que habitan en este entorno. Se trata de un método sencillo pero efectivo que permitirá a las grandes ciudades determinar los mejores lugares donde implantar los tejados verdes y así fomentar el desarrollo urbano sostenible y de calidad.

Palabras clave: Tejados verdes, conectividad, biodiversidad

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la población mundial vive actualmente en zonas urbanas, con un elevado grado de transformación (Hábitat ONU, 2011)

que acarrea consecuencias negativas para la calidad de vida (Baldi y García, 2005). El excesivo uso de materiales de construcción como el hormigón o el asfalto altera el balance de radia-

ción provocando un aumento de las temperaturas conocido como isla de calor (UHI, *Urban Heat Island*) (Chun y Guldman 2014; Tumini, 2010). Este desorden de las temperaturas sumado al diseño urbanístico de las ciudades, caracterizado por grandes edificaciones, dificulta el movimiento de las masas de aire provocando que los contaminantes tiendan a concentrarse en grandes nubes sobre la ciudad (Santiago, 2006). Por otro lado, la desaparición de la cubierta vegetal provocada por la urbanización afecta a la dinámica hídrica, alterando las condiciones naturales de drenaje y aumentando la impermeabilización del terreno, lo que favorece la escorrentía y agrava los episodios de inundaciones y avenidas torrenciales (Rosatto et al., 2015). El uso de soluciones basadas en la naturaleza, como los tejados verdes, es el mejor aliado para ayudar a paliar estos problemas ambientales. A pesar de parecer una tecnología novedosa, los países nórdicos llevan siglos empleándola para mantener las viviendas aisladas del frío (Minke, 2004). A partir de la década de 1960 su uso comienza a extenderse como medida correctora de la calidad ambiental. Actualmente ciudades como Toronto, Copenhague o París han comenzado a legislar al respecto, con el objetivo de aumentar la superficie cubierta con estas estructuras (Toronto City Planning Division, 2013).

Esta técnica, consistente en cubrir de plantas (normalmente musgos o especies herbáceas) total o parcialmente las cubiertas de los edificios, genera importantes beneficios ambientales, sociales y económicos. Contribuye al control de las precipitaciones (Berardi et al., 2014; Sims et al., 2016), reduce la contaminación del agua de lluvia, aísla térmicamente las viviendas reduciendo un 25-75 % el consumo energético, mejora la calidad del aire, disminuye la contaminación acústica, produce un aumento de la biodiversidad de especies y ayuda a mitigar el efecto UHI (Razzaghmanesh et al., 2016), a la vez que la presencia de estos entornos naturalizados mejora la salud mental y física de los ciudadanos (Priego, 2002; Wolch et al., 2014). Además, suponen una nueva oportunidad de

negocio para el sector verde y de la construcción.

Todos los beneficios anteriores y el crecimiento imparable de las ciudades justifican el uso de los tejados verdes como método para luchar contra los problemas derivados de la contaminación de las grandes urbes.

METODOLOGÍA

El estudio desarrolla un método para seleccionar la ubicación ideal de los tejados verdes, aplicándolo de forma práctica en la ciudad de Madrid. En la primera fase se escogen los barrios más problemáticos en cuanto a contaminación, tráfico, población y áreas verdes (Lopera, 2005; Leva, 2005; Orozco et al., 2003; Hernández, 2009). De esta forma se actúa sobre las zonas donde la calidad ambiental es menor y se beneficia a un mayor número de personas. Una vez escogidos los barrios más conflictivos, en la segunda fase se localizan aquellos edificios que presenten unas determinadas características en cuanto a altura y disponibilidad de azoteas para ubicar los tejados verdes. En la última fase se propone también mejorar la conectividad de los espacios verdes de la ciudad, conectando los tejados seleccionados con el arbolado urbano.

Fase 1. Selección de los barrios

En esta primera fase se comparan cuatro variables de cada barrio mediante una evaluación multicriterio, con el fin de seleccionar aquellos que presenten una mayor problemática ambiental, es decir, aquellos barrios con mayor contaminación e intensidad de tráfico, menor presencia de áreas verdes y una mayor densidad de población.

Contaminación

Se han considerado relevantes los datos de monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono (O₃) por ser los principales precursores del *smog*-fotoquímico (Ballester-Olmos, 1991; Gavilanes, 2015; Currie y Bass, 2008). Se ha utilizado la información horaria de cada contaminante entre 2007 y 2017 medida por la red de vigilancia de la contaminación de la

ciudad de Madrid. Dado que las unidades de medida de los contaminantes difieren entre sí, se han reclasificado los datos según la siguiente expresión para que puedan ser comparables entre ellos y con el resto de variables a analizar:

$$\% \text{ Contaminante} = \frac{\text{Media 10 años}}{\text{Límite legal}} \times 100$$

Las zonas de Madrid más afectadas por la contaminación se encuentran en la zona centro y sur de la ciudad (Figura 1 a). El importante tráfico y consumo de energía que se produce en estos barrios, sumado a la presencia de grandes edificios, dificulta la dispersión de la contaminación provocando su acumulación.

Áreas verdes

Se busca determinar el porcentaje que ocupan las áreas verdes en cada barrio de Madrid, para así poder determinar aquellos que requieren una mayor cobertura vegetal. Como el objetivo es poder comparar estos datos con los del resto de variables analizadas, se calcula el porcentaje de áreas verdes mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ jardín por barrio} = \frac{(\text{Superficie de jardín por barrio})}{(\text{Superficie total del barrio})} \times 100$$

Los barrios con menor superficie de áreas verdes son los situados en la zona centro y periferia de la ciudad (Figura 1 b). Las zonas más céntricas presentan escasez de áreas ajardinadas, ya que en su diseño y construcción no se conocían los beneficios sociales y ambientales asociados a su presencia (Priego, 2002). Los barrios periféricos del oeste y suroeste también tienen una falta de jardines, principalmente debido a que se trata de zonas destinadas inicialmente a la industria, producción y comercio en lugar de a la residencia. Un caso especial es el barrio de El Pardo, que presenta bajos niveles de zonas ajardinadas artificiales a pesar de localizarse en un entorno relativamente natural. Este barrio queda descartado al presentar escasas edificaciones, poca población y grandes masas de vegetación.

Tráfico

El tráfico es uno de los mayores problemas que sufre la ciudad, siendo una de las principales fuentes de emisiones de compuestos nitrogenados (junto con las calefacciones domésticas) que favorecen la aparición del *smog*-fotoquímico (Fernández et al., 1993). Se determina el número de vehículos por barrio (2012-2013) y el número de tramos de medición con que cuenta cada uno. Los datos de tráfico también se transforman en un porcentaje mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ tráfico} = \frac{\text{Total de vehículos/barrio} \times \text{S. barrio}}{\text{Nº tramos/barrio} \times \text{S. total}} \times 100$$

El mayor porcentaje de tráfico se registra en los barrios periféricos (Figura 1 c), por los que discurren carreteras como la M-50 o M-40, con tráfico muy intenso. A pesar de que, en comparación, el tráfico en el centro sea menor, el número de vehículos que circula por sus avenidas es elevado; Madrid es la ciudad de España con mayor intensidad de tráfico, y una de las mayores de Europa.

Población

Para que los efectos beneficiosos de los tejados verdes lleguen a un mayor número de personas se añade la variable de la población. Para ello se calcula el porcentaje de densidad de población mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ densidad de población} = \frac{\text{Población/barrio}}{\text{S. barrio}} \times 100$$

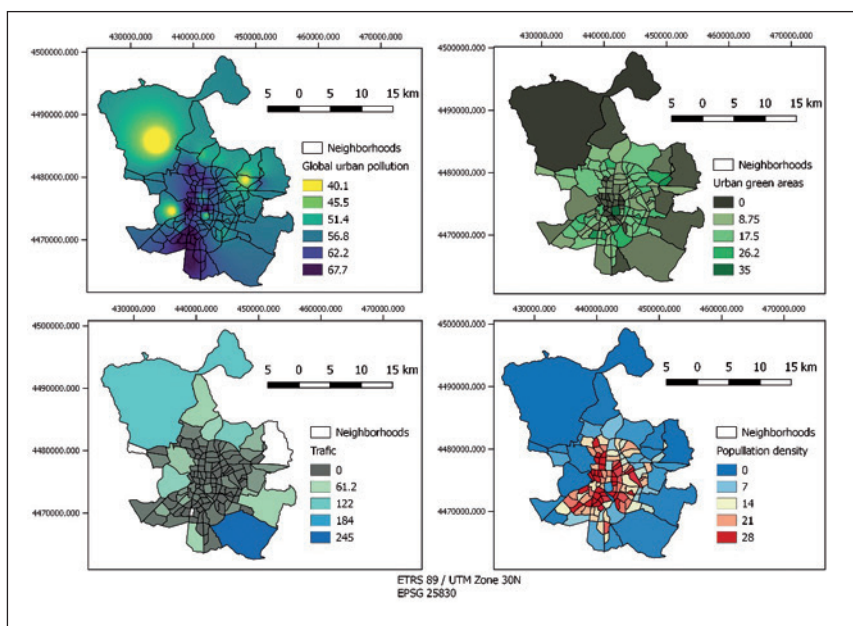


Fig. 1. Resultados de las variables analizadas en la fase 1. a) Contaminación. b) Zonas verdes. c) Tráfico. d) Densidad de población

Las mayores densidades de población se localizan en la zona centro de la ciudad (Figura 3 d), donde el número de viviendas es más elevado.

Selección de los barrios

Una vez computadas y homogeneizadas las cuatro variables de estudio se procede a la realización de la evaluación multicriterio (Gómez et al., 2006). Con esta herramienta y mediante la consulta a varios expertos (basándose en el método de jerarquías analíticas de Saaty, 1980) se seleccionan los cinco barrios de Madrid con peores condiciones de contaminación y tráfico, escasa presencia de áreas verdes y mayor población. Introduciendo los pesos (media de los expertos consultados) se obtiene

la puntuación final de cada barrio mediante la ecuación:

$$W_{ij} = \sum_{j=1}^n a_{ij} / \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij}$$

Se escogen los cinco barrios que presenten elevada puntuación, cuenten con las características deseadas y pertenezcan a distintos distritos para repartir los tejados verdes por diferentes puntos de Madrid.

Los barrios seleccionados son Gaztambide, Ibiza, Goya, Opañel y Embajadores. El casco histórico de Vallecas ha sido descartado por presentar valores de población bastante bajos y un número de edificios reducido, y Arapiles, por estar en el mismo distrito que Gaztambide.

Tabla 1. Barrios seleccionados (amarillo) entre los que han obtenido una mayor puntuación

Distrito	Nombre	Código	Contaminación	Población	Áreas verdes	Trafico	Puntuación
Villa de Vallecas	Casco Histórico de Vallecas	181	70,94	3,72	13,52	100,00	45,04
Chamberí	Gaztambide	071	77,48	99,87	2,82	0,56	43,36
Retiro	Ibiza	034	80,50	98,14	8,82	0,78	42,62
Salamanca	Goya	042	80,98	85,52	1,43	1,06	42,34
Carabanchel	Opañel	112	100,00	65,48	13,19	1,05	42,07
Chamberí	Arapiles	07	78,67	94,43	6,11	0,70	41,98
Centro	Embajadores	012	72,22	96,83	3,59	2,71	41,39
Chamberí	Trafalgar	073	74,32	90,19	2,40	2,80	41,18
Centro	Universidad	015	87,48	73,25	6,62	1,26	41,02
Tetuán	Bellas Vistas	061	75,91	89,64	12,60	8,98	40,62

Fase 2. Selección de azoteas

Una vez decididos los barrios sobre los que se debe actuar es necesario seleccionar las azoteas que cumplen con las condiciones de altura de los edificios y arbolado urbano para la ubicación de los tejados verdes. Además, se incluirá el análisis de la mejora de la conectividad de los espacios verdes de Madrid.

Altura de los edificios

En primer lugar, se determina la altura y desviación estándar de los edificios del barrio mediante el uso de la tecnología LIDAR (*Light Detection and Ranging*) y un Modelo Digital del Terreno (MDT). Uno de los beneficios que se pretende obtener con los tejados verdes es la mejora de la conectividad de los espacios verdes

de la ciudad, tejiendo una red verde que conecte todos estos espacios con el arbolado urbano. Para ello se seleccionan aquellos edificios que se encuentren en un intervalo de alturas entre 4 y 25 m, que se corresponden aproximadamente con la altura del arbolado urbano (Ayuntamiento de Madrid, 2016). El objetivo es seleccionar aquellas azoteas que faciliten la instalación de tejados verdes, es decir, aquellas que sean planas. Cuanto menor sea la desviación estándar de la media de sus alturas (STD), más plana será la azotea (Hermosilla y Ruiz, 2009); por lo tanto, se seleccionan aquellos edificios con una STD < 5.

Tabla 2. Altura media de los edificios y desviación estándar de los barrios seleccionados

Barrios	Desviación	Altura media (m)
Embajadores	4,05	15,87
Gaztambide	6,74	23,09
Goya	5,16	21,00
Ibiza	5,03	16,09
Opañel	3,70	12,46

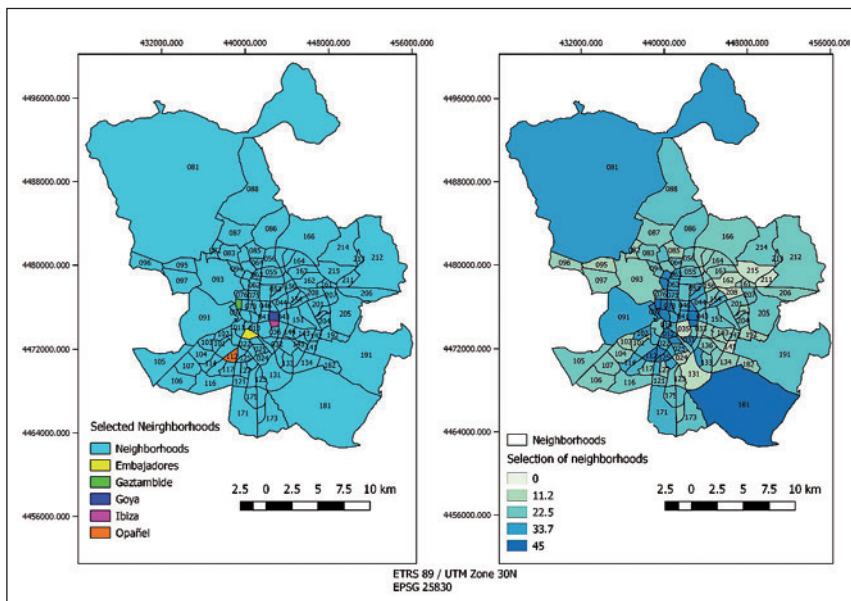


Fig. 2. Barrios seleccionados en la fase 1 (izda.) y puntuación de cada barrio (dcha.)

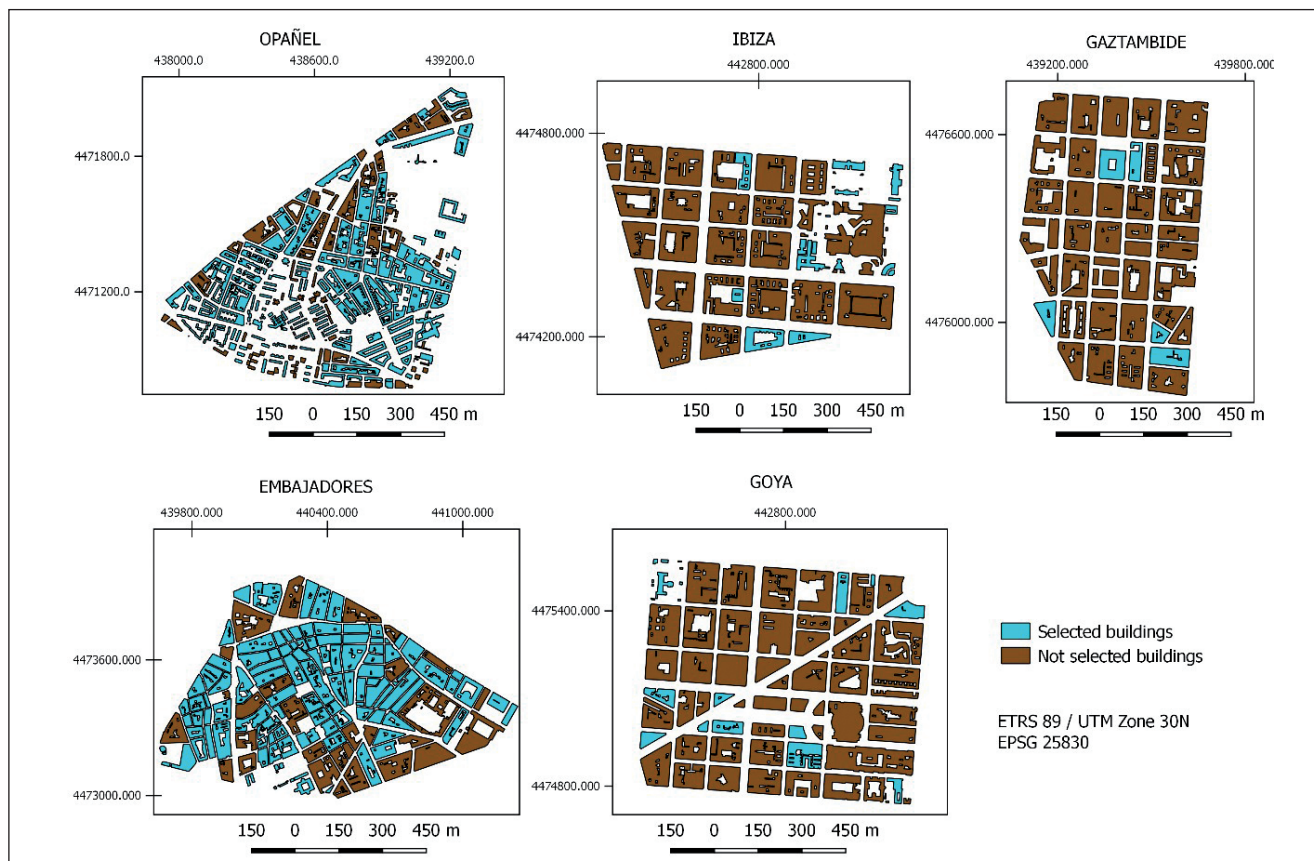


Fig. 3. Edificios seleccionados en cada barrio estudiado

Arbolado urbano

El arbolado urbano de las ciudades presenta enormes beneficios sociales y ambientales (Seoane y Evans, 2001), mejorando la calidad ambiental, reduciendo las temperaturas, disminuyendo la contaminación atmosférica y acústica y generando puntos de biodiversidad (Priego, 2002). También ayuda a mejorar la salud mental y física de los ciudadanos (Kuchelmeister, 2000).

El objetivo es seleccionar el arbolado urbano localizado en las aceras y zonas peatonales que tenga una altura entre 4 y 50 m, los árboles que

mejor conectan con los edificios seleccionados y que van a ser puntos de conectividad en el barrio.

Conectividad

El análisis de la conectividad permite localizar las azoteas que necesariamente deben contener un punto verde para poder mantener la conectividad de todos los espacios ajardinados del barrio y facilitar así el flujo de especies vegetales y animales. Este análisis se centra en el estudio de la conectividad estructural (Taylor et al., 1993; Baudry y Merriam, 1998), empleando la herramienta GUIDOS

de análisis de conectividad (Soille y Vogt, 2009). Para ello es necesario computar conjuntamente los edificios seleccionados en cada barrio con el arbolado urbano y las áreas verdes.

En primer lugar, los datos introducidos son analizados y transformados según el MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*), que clasifica los elementos como nodos, islas, bordes, lazos, puentes, ramas y perforaciones (Correa y Mendoza, 2013)

Los nodos representan las azoteas preseleccionadas para la ubicación de los tejados verdes. Embajadores, Gaztambide y Opañel presentan un porcentaje de nodos muy elevados, ya que cuentan con numerosas azoteas disponibles. Por otro lado, los lazos, puentes y ramas representan el arbolado urbano que actúa como punto de conexión entre azoteas y zonas ajardinadas. El porcentaje de islas representa aquellos elementos suficientemente aislados para mantener la conectividad, de forma que cuanto mayor sea el porcentaje, menor capacidad de conectividad presentará la zona.

Tabla 3. Datos del análisis de MSPA en los barrios seleccionados

	Embajadores	Gaztambide	Goya	Ibiza	Opañel
Core (nodo)	81,62 %	51,97 %	50,88 %	48,22 %	70,61 %
Islet (isla)	1,53 %	4,33 %	4,35 %	6,20 %	1,97 %
Perf (perforación)	2,58 %	0,89 %	0,85 %	1,38 %	3,20 %
Edge (borde)	9,89 %	24,71 %	25,19 %	25,20 %	17,50 %
Loop (lazo)	1,41 %	1,83 %	1,95 %	2,31 %	1,18 %
Bridge (puente)	0,85 %	8,76 %	8,70 %	8,51 %	1,84 %
Branch (rama)	2,11 %	7,51 %	8,08 %	8,19 %	3,71 %

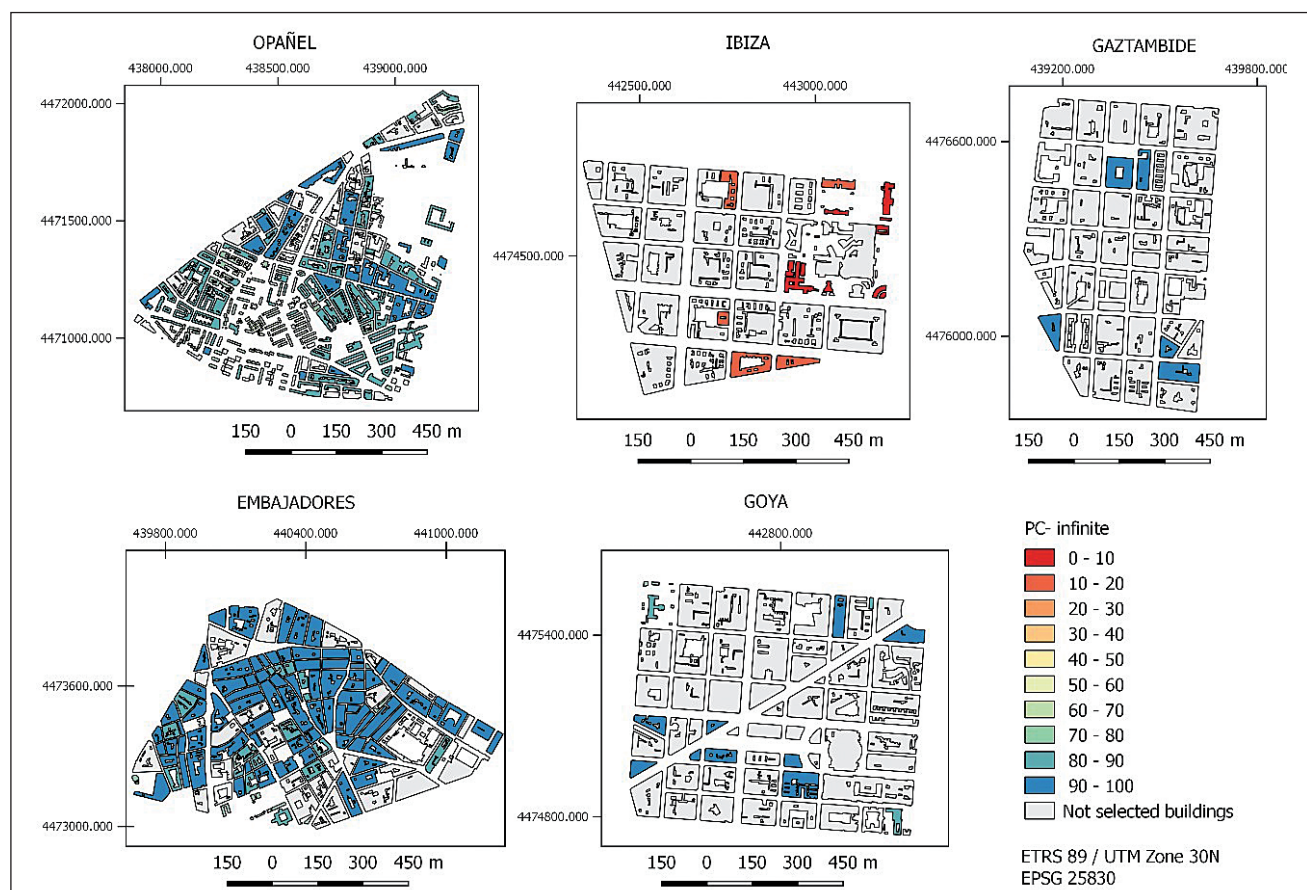


Fig. 5. PC infinito de los edificios propuestos de cada barrio

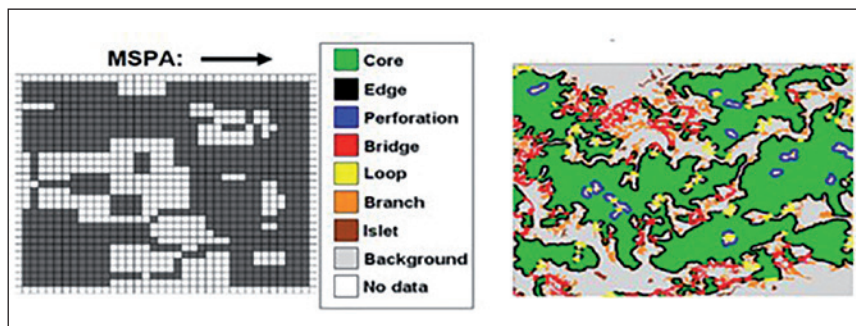


Fig. 4. Funcionamiento del MSPA

Una vez clasificados los elementos se calcula el índice PC (*Probability of Connectivity*) infinito, que evalúa la importancia de cada unión con su nodo para mantener la conectividad (Saura y Pascual-Horta, 2007). Cada azotea analizada cuenta con un valor de PC infinito que representa la mayor o menor necesidad de cada edificio de contar con un punto verde para mantener las áreas verdes del barrio conectadas.

La mayoría de los edificios de Embajadores, Gaztambide, Opañel y Goya presentan una probabilidad de conectividad superior al 80 %, lo que

se traduce en una importante mejora de la conectividad si se instalasen en ellas este tipo de construcciones. El barrio que presenta peores resultados es Ibiza. El valor máximo alcanzado apenas llega al 15 %, de modo que la conectividad de estos edificios es bastante reducida. A pesar de ello los valores registrados de contaminación, tráfico y áreas verdes hacen necesaria la instalación de estos tejados para mejorar su calidad ambiental.

SELECCIÓN DE LAS AZOTEAS

Para la selección final de las azoteas se escogen los edificios que

presenten un mayor valor de PC infinito y cumplan con los criterios indicados en la fase 2. Se han seleccionado las azoteas con un valor de PC infinito superior al 90 % en los barrios de Embajadores, Gaztambide, Goya y Opañel, mientras que, en Ibiza, debido a los bajos valores registrados, se seleccionan azoteas con un PC infinito superior al 7 %.

En los barrios de Embajadores, Gaztambide y Goya, gran parte de las azoteas analizadas cumplen las condiciones establecidas de conectividad, por lo que presenta unas condiciones muy buenas para la ubicación de tejados verdes. En Opañel solo 25 edificios superan el 90 % de posibilidad de conectividad, pero la mayoría presentan valores superiores al 70 %, por lo que la conectividad es buena. En el barrio de Ibiza se han seleccionado ocho azoteas de las 17 analizadas, con una conectividad muy reducida en comparación con las del resto de barrios; aun así, las condiciones ambientales del barrio se verán mejoradas con la instalación de tejados verdes.

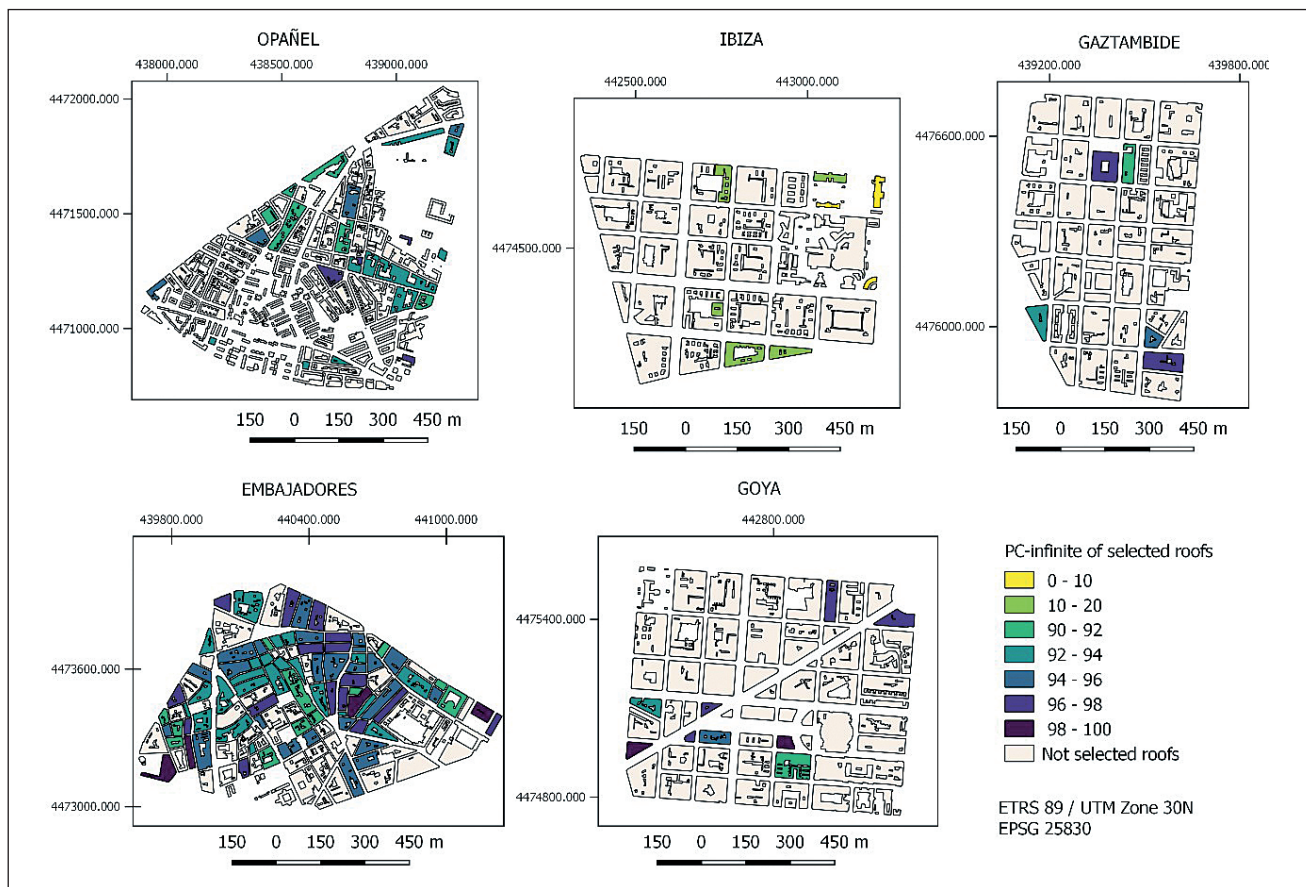


Fig. 6. PC infinito de los edificios seleccionados de cada barrio

CONCLUSIONES

El análisis de las diferentes variables seleccionadas en este estudio aporta una visión global de cuál es la situación ambiental de Madrid. Los barrios del centro de la ciudad son los que peores condiciones ambientales presentan: elevada contaminación y dificultad de dispersión de la misma como consecuencia del diseño urbano, escasas áreas verdes, tráfico muy intenso y elevada densidad de población. Con estos datos, se determina que los barrios más conflictivos desde el punto de vista ambiental son los ubicados en el centro de la ciudad: Embajadores, Gaztambide, Goya, Ibiza y Opañel, siendo estos los lugares

idóneos para la ubicación de tejados verdes.

El uso de la tecnología LIDAR junto con los datos del arbolado urbano facilitan la identificación de las azoteas disponibles en función de la altura y desviación estándar de los edificios. Los barrios de Embajadores y Opañel cuentan con numerosos edificios disponibles, al contrario que Gaztambide, Goya e Ibiza, de modo que en estos barrios los beneficios de los tejados verdes serán menos apreciables.

El índice de PC infinito empleado permite seleccionar las azoteas óptimas para la instalación de estas estructuras, ayudando así a mejorar no solo la calidad del aire sino también la

conectividad de los espacios verdes de la ciudad, favoreciendo la dispersión de especies y el aumento de la biodiversidad. En general, todos los barrios a excepción de Ibiza presentan elevados valores de conectividad. A pesar de que en Ibiza la mejora de la conectividad no vaya a ser significativa, la calidad ambiental del barrio se verá mejorada con la instalación de tejados verdes.

La metodología propuesta es sencilla y extrapolable a cualquier ciudad del mundo, con el que se pueden mejorar las condiciones ambientales existentes, así como la calidad de vida de sus habitantes mediante el uso de soluciones basadas en la naturaleza.

REFERENCIAS

- Baldi G, García E. 2005. Calidad de vida y medio ambiente. La psicología ambiental. *Universidades* 30: 9-16.
- Ballester-Olmos J. 1991. *Las plantas y la contaminación atmosférica*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada.
- Baudry J, Merriam HG. 1988. Connectivity and connectedness: functional versus structural patterns in landscapes. En: Schreiber KF (Ed.), *Connectivity in landscape ecology*. Proceedings of the 2nd international seminar of the International Association of Landscape Ecology, pp. 23-28. Münster, Germany, July 1987.
- Berardi U, GhaffarianHoseini A, GhaffarianHoseini A. 2014. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy* 115: 411-428.
- Chun B, Guldman JM. 2014. Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. *Landscape Urban Plan.* 125: 76-88.
- Correa C, Mendoza M. 2013. Análisis morfológico de los patrones espaciales: una aplicación en el estudio multitemporal (1975-2008) de los fragmentos de hábitat de la cuenca del Lago Cuitzeo. Michoacán, México. *GeoSIG* 5: 50-63.
- Currie BA, Bass B. 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosyst.* 11(4): 409-422.
- Fernández Patier, R., Díez Hernández, P., Díaz Ramiro, E., Bomboi Mingarro, M. T., & García dos Santos-Alves, S. (1993). Formación del smog fotoquímico en la Comunidad de Madrid. *Ingeniería Municipal*, 72.
- Gavilanes MR. 2015. Techos verdes: prácticas de gestión ambiental en áreas urbanas. Tesina. Pontificia Universidad de Ecuador (PUCE).
- Gómez Delgado, M., Cano, B., & Ignaciocout, J. (2006). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio (No. 910.285 G65). Hábitat, O.N.U., (2011). del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. *Economía*, 3(348), 6.
- Hermosilla T, Ruiz LÁ. 2009. Detección automática de edificios combinando imágenes de satélite y datos LIDAR. *Semana Geomática*, 2-4, Universidad Politécnica de Valencia.
- Hernández A. 2009. Calidad de vida y medio ambiente urbano: indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Rev. Invi* 24(65): 79-111.
- Kuchelmeister G. 2000. Árboles y silvicultura en el milenio urbano. *Unasylva* 200(51): 49-55.
- Leva G. 2005. Indicadores de calidad de vida urbana. Teoría y metodología. *Universidad Nacional de Quilmes*.
- Lopera FG. 2005. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 37(144): 417.
- Minke G. 2004. *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Ed. Fin de Siglo, Montevideo.
- Ayuntamiento de Madrid. 2016. *Inventario Municipal del arbolado urbano de Madrid*. Inédito. Ayuntamiento de Madrid, Madrid.
- Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, M. N., Rodríguez Vidal, F. J., & Alfayate Blanco, J. M. (2003). Contaminación ambiental. *Una visión desde la química*, 661.
- Priego González de Canales, C. (2002). Beneficios del arbolado urbano. Razzaghamanesh M, Beecham S, Salemi T. 2016. The role of green roofs in mitigating urban heat islands effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. *Urban For. Urban Gree.* 15: 89-102.
- Rosatto H, Moyano G, Cazorla L et al. (2015). Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada. *Rev. Fac. Ciencias Agrarias* 47(2): 123-134.
- Saaty, T. L. (1980). The analytical hierarchy process, planning, priority. Resource allocation. *RWS publications*, USA.
- Santiago JL. 2006. *Estudio numérico y experimental de los flujos atmosféricos y dispersión de contaminantes en entornos urbanos*. Tesis doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.
- Saura S, Pascual-Hortal L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape Urban Plan.* 83: 91-103.
- Seoane FA, Evans JM. 2001. Beneficios del arbolado urbano evaluación del balance entre secuestro, demanda energética y otros impactos. XIV Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar y Medio Ambiente. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 4(1).
- Sims AV, Robinson CE, Smart CC et al. 2016. Retention performance of green roofs in three different climate regions. *J. Hydrol.* 542: 115-124.
- Taylor PD, Fahrig L, Henein K & al. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571-573.
- Toronto City Planning Division. 2013. Green roof by-law. City of Toronto Planning Division. http://www.toronto.ca/legdocs/municode/1184_492.pdf.
- Tumini I. 2010. Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. *Ponencia Sustainable Building Conference SB10mad*. Edificación sostenible, revitalización y rehabilitación de Barrios. Madrid, España.
- Soille, P., & Vogt, P. (2009). Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern recognition letters*, Elsevier 30(4), 456-459.
- Wolch JR, Byrne J, Newell JP. 2014. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape Urban Plan.* 125: 234-244.