



Injerencias entre el nivel socioeconómico y la naturalización del tejido urbanístico: los distritos madrileños como caso de estudio

Gonzalo Pineda Carmena¹

Teresa Martín Martín²

¹*Doctorando en medio ambiente y recursos naturales. Universidad de Salamanca*

²*Investigadora en Periodismo y Comunicación Audiovisual. Universidad Pontificia de Salamanca*

RESUMEN

El presente artículo persigue comprender la interrelación entre el nivel socioeconómico de los distritos de Madrid, así como el proceso de naturalización que se afronta en los mismos. De esta manera, aplicamos una óptica social a un proceso en incipiente auge, destilando su vínculo con cuestiones que atañen al poder adquisitivo de las familias. Aunque esta variable se postula como principal eje analítico, cabe decir que estriba en cuestiones como el nivel formativo, el ritmo de vida o materias concernientes a las mal llamadas “clases sociales”. Por tanto, esta gestión ecológica de los espacios urbanos verdes ofrece un horizonte de estudios socioeconómicos que encuentra un caso de análisis solvente en la ciudad de Madrid. La capital española logra conglomerar un amplio abanico de distritos con idiosincrasia propia, ofreciendo una analogía de la pluralidad que acoge nuestro país. En esta línea, el proyecto enlaza con el ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”. Recuperar el estado natural de las metrópolis, aminorando el impacto urbanístico, se convierte en uno de los objetivos pautados por la Agenda 2030 y recogidos en la Agenda Urbana Española.

ABSTRACT

This article seeks to understand the interrelation between the socioeconomic level of the districts of Madrid as well as the naturalization process that is faced in them. In this way, we apply a social perspective to an incipient process, distilling its link with issues that concern the purchasing power of families. Although this variable is postulated as the main analytical axis, it can be said that it is based on issues such as the educational level, the pace of life or matters concerning the misnamed “social classes”. Therefore, this ecological management of green urban spaces offers a horizon of socioeconomic studies that finds a case of solvent



analysis in the city of Madrid. The Spanish capital manages to conglomerate a wide range of districts with their own idiosyncrasies, offering an analogy of the plurality that our country welcomes. In this line, the project links with SDG 11 “Sustainable Cities and Communities”. Recovering the natural state of the metropolis, reducing the urban impact, becomes one of the objectives set by the 2030 Agenda and included in the Spanish Urban Agenda.

PALABRAS CLAVE

Desarrollo sostenible. Ecología. Sociedad. Vegetación urbana. Cambio climático. Teledetección.

INTRODUCCIÓN

Las últimas siete décadas ofrecen una panorámica del éxodo rural muy concluyente. Desde el análisis demográfico advertimos cierta tendencia a los crecimientos exponenciales, revelando así una clara voluntad de desarrollo del ciudadano. La expansión urbanística responde a una corriente de flujo migratorio interterritorial, en sintonía con procesos de crecimiento urbano desprovistos de planificación, donde se omite todo análisis ambiental.

En este contexto determinamos hacer una apuesta por la vegetación urbana, atendiendo a su servicio a la biodiversidad en espacios metropolitanos donde se observa un protagonismo residual. El planteamiento nos permite subrayar las potencialidades de esta apuesta ecológica, poniendo especial énfasis en los posibles nexos con la ciudadanía. Para ejecutar un análisis certero resulta necesario someter nuestra investigación a una revisión histórica, con la voluntad de comprender la trayectoria de las políticas ambientales en las urbes. Puesto que todo análisis queda circunscrito a una muestra (la ciudad de Madrid), segmentamos la investigación bajo el criterio de ofrecer resultados extrapolables. Esto nos lleva a establecer un marco temporal, comprendido entre los años 2006 y 2020, que es dividido a su vez en tres lustros para facilitar el manejo de datos. Del mismo modo, buscamos una ciudad que permitiera ilustrar realidades de urgente reestructuración para el devenir del núcleo urbano. La capital de España se convierte así en prototipo de las urbes europeas, proyectando el futuro de la Unión Europea en materia medioambiental.



En calidad de materia complementaria a la investigación, estas páginas aluden al cambio climático como un fenómeno patente en nuestras ciudades. Desde las islas de calor urbanas a las lluvias torrenciales, fenómenos destilados de una alarma medioambiental que instan al compromiso de la ciudadanía. Ante la alarma del estado del planeta Tierra, la planificación urbanística se postula como mecanismo mitigador, poniendo especial énfasis en las propuestas que invitan a la adaptación de los espacios urbanos. La tarea que nos ocupa estriba en el diagnóstico de las ciudades y de desarrollo de medidas de implantación, haciendo de las áreas verdes urbanas una herramienta.

En este marco, aumentar el porcentaje de cubiertas verdes inspira proyectos de arquitectura ambiental, tales como la presencia de arbolado en las ciudades, generando un impacto positivo que emerge de la reducción de la temperatura del suelo en los episodios más calurosos. Sobre esta premisa se construyen otras alternativas, como mejorar la calidad del aire para ofrecer un ambiente más puro o ser un buen anfitrión para la biodiversidad, con especial énfasis en la protección de aves e insectos. A estas propuestas técnicas se le añaden aristas vinculadas al bienestar físico y mental de la ciudadanía, garantizando espacios armoniosos capaces de mitigar el estrés.

El presente estudio persigue resolver la hipótesis que estima que los distritos con un nivel socioeconómico más elevado disfrutan de una cobertura vegetal mayor, puesto que las instituciones premian su exclusividad y naturaleza turística con una inversión económica capaz de ofrecer una imagen más ecologista al escaparate social. Por ende, los distritos con menor capacidad económica sufrirán el efecto adverso.

MATERIAL

Puesto que en la investigación se ha empleado un gran abanico de recursos, buscando así ofrecer un análisis holístico, en este punto precisamos todas las herramientas empleadas. Este bloque se adjunta a fin de que el lector replique los pasos expuestos en análisis abordados sobre el mismo paradigma.

Zona de estudio

La ciudad de Madrid es la capital de España. Localizada en el centro de la península Ibérica (Imagen 1), presenta un clima de tipo mediterráneo Csa (templado con verano seco y caluroso) según la clasificación de Köppen. En términos demográficos y geográficos, la ciudad de Madrid cuenta con 3.334.730 (2020) habitantes y sus barrios ocupan un espacio igual a 604,45 km².

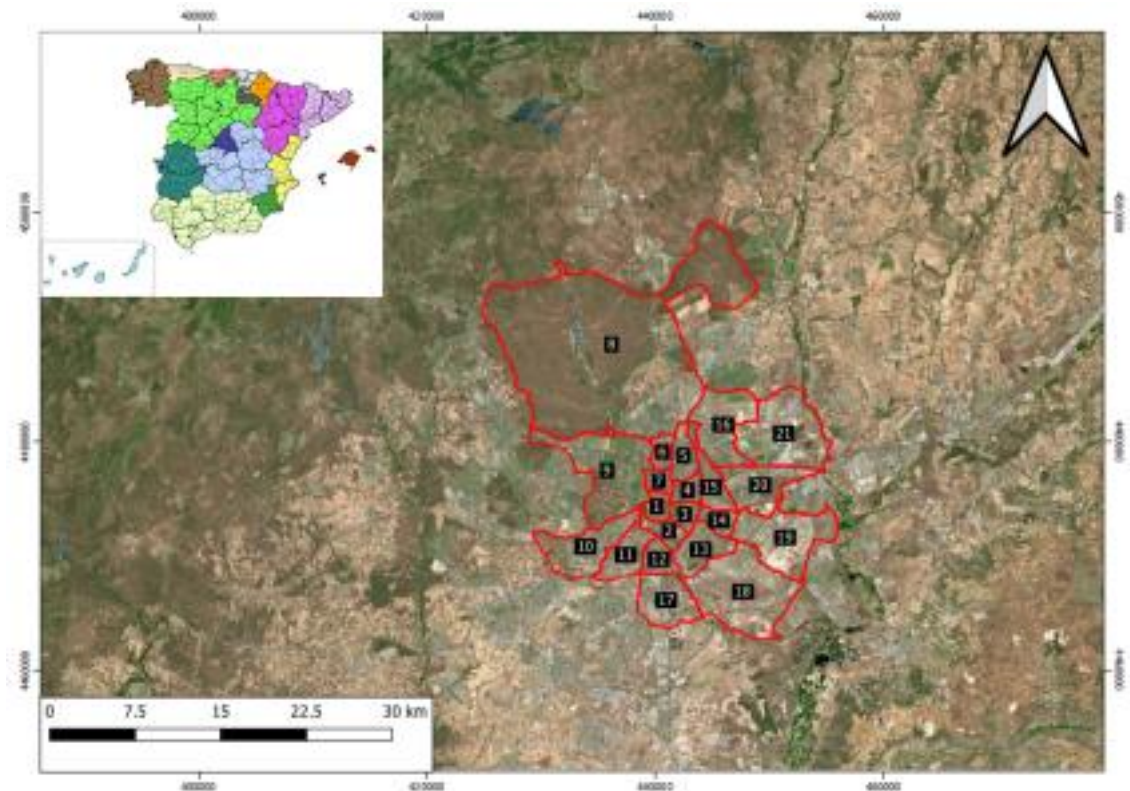


Imagen 1.

Localización de la ciudad de Madrid y sus distritos. Fuente: elaboración propia.

Imágenes satelitales

La teledetección requiere del uso de imágenes que recojan la información objetivo para nuestro estudio. En este sentido, se emplearon imágenes satelitales de tres programas diferentes (Sentinel, Landsat y Spot), recogiendo datos desde el año 2006 hasta el 2020. La vegetación que hay presente en las ciudades requiere de una resolución espacial mucho mayor (en torno a 10 m) que la empleada en un estudio forestal (superior a 100 m). Este hecho dificulta la captura de datos de todos los años ya que, en ocasiones, la presencia de nubes en la imagen puede enmascarar completamente la imagen.

El índice empleado para medir la vegetación tiene en cuenta la respuesta espectral de la clorofila de las plantas. La época de mayor crecimiento vegetal (i.e., de



mayor producción clorofílica) se encuentra entre los meses de mayo y junio en el hemisferio norte, siendo los meses complementarios de noviembre y diciembre para el hemisferio sur. Debido a que los años hidrológicos en la Península Ibérica han sufrido variaciones en los últimos 20 años, con fuertes sequías o episodios de intensa lluvia, se analizaron tres imágenes comprendidas entre mayo y junio por cada año de estudio para seleccionar la que mayor índice de vegetación tuviera, siendo la empleada para el estudio comparativo.

Como plataformas para la descarga de imágenes satelitales, se emplearon cuatro: EO-CAT, Earth Explorer, Copernicus Open Access Hub y CNES - SWH Data Site. A las imágenes descargadas de estas plataformas se les realizó la corrección atmosférica correspondiente, al tener las imágenes la corrección radiométrica y geométrica en el momento de la descarga.

Datos cartográficos y económicos de Madrid

Todos los datos relacionados con la economía y la cartografía de la ciudad de Madrid se encuentran disponibles en la web del propio ayuntamiento, habilitando un espacio para la información y descarga por parte del público y de forma libre y gratuita (enlace).

La mayor complejidad encontrada fue la obtención de datos económicos de los distritos, ya que en ocasiones fue necesario recopilarlos por barrios y hacer un sumatorio por distrito.

Software

La corrección atmosférica realizada a las imágenes se realizó mediante el programa ENVI versión 5.3 empleando el método QUAC. Este método, en comparación con otros como FLAASH, destaca por ser más sencillo al no requerir de tantos datos a ingresar en la aplicación.

Para el procesamiento de imágenes se empleó el programa de uso libre QGIS (versión 3.10.12), empleando la calculadora raster para calcular el índice de vegetación empleado en este estudio.

METODOLOGÍA



Para realizar el estudio se ha aplicado un procedimiento de teledetección mediante QGIS, empleando las bandas RGB y NIR. Este proceso ha permitido analizar la evolución de las cubiertas vegetales en la ciudad de Madrid. Buscando establecer un marco temporal, se han seleccionado los años 2010, 2015 y 2020, tres lustros que sirven como referencia de: la etapa previa a la implantación de los ODS, el umbral y su puesta en marcha.

NDVI

Existen múltiples índices empleados para medir la densidad de vegetación en un espacio y tiempo concreto (NDVI, SAVI, EVI, NBR, GCL, GRG, SIPI, etc.). Algunos autores conceden prioridad al primero (NDVI) por destacar la parte de vegetación arbolada en todo el entorno urbano, mientras que otros conceden prioridad al segundo (SAVI) por ser capaz de diferenciar de forma más precisa el suelo desnudo. Éste suele emplearse en espacios naturales con abundante suelo desnudo. Este estudio ha empleado el NDVI por ser el índice comúnmente empleado en los estudios consultados.

El principio básico de éste radica en la respuesta espectral que tienen las hojas de las plantas durante su crecimiento. Las hojas vegetales, en su óptimo de clorofila, presentan una alta absorción de luz en el espectro del rojo (R) (0,63-0,68 nm) mientras que la reflexión de la banda infrarroja cercana (NIR) (0,78-0,90 nm) es máxima. En las etapas anteriores y posteriores, las plantas responden de forma contraria al no haber suficiente clorofila que protagonice este efecto.

En términos matemáticos, se emplea una sencilla fórmula que compara ambas bandas (R y NIR) para un mismo píxel. Atendiendo a esto, la fórmula empleada para el índice es como sigue:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

Teniendo como resultado un conjunto de datos (tantos como píxeles tenga la ortofoto) comprendidos entre -1 y 1, correspondiendo los valores menores a 0 a espacios con agua o suelo desnudo y los valores positivos a diferente tipo de vegetación, considerándose valores



de 0,2-0,4 como vegetación naciente, 0,4-0,6 como vegetación moderada y valores superiores a 0,6 como vegetación densa, típica de las copas de los árboles.

Con el fin de establecer clases de valores, se realizó un reclasificado de estos agrupándolos en valores mayores o iguales a 0,6 y menores a 0,6. Esto permitió emplear solo la vegetación arbolada como indicador de naturalización urbana a lo largo del tiempo.

Seguidamente, habiendo hecho el reclasificado de la capa NDVI, se extrajo la información por cada uno de los 21 distritos que componen la ciudad de Madrid. Este proceso se realizó para todos los años de estudio, desde el 2006 hasta el 2020.

Por último, se calculó el porcentaje del área arbolada (% píxeles con valor igual o mayor a 0,6 respecto al total) de cada año y se calcularon las medias de los tres lustros que componen el estudio (2006-2010, 2011-2015 y 2016-2020), facilitando la comparación de datos económicos y ambientales.

Chi Cuadrado

Esta prueba, de carácter no paramétrico, ofrece una medición de las discrepancias establecidas entre distribuciones observables y teóricas. De esta forma se revela en qué medida las diferencias contempladas responden al azar el contraste de la hipótesis. En esta ocasión, empleamos el Chi Cuadrado de Pearson para comprobar la independencia de dos variables: cobertura vegetal y nivel socioeconómico. Para lograrlo construimos una tabla de contingencia a partir de los resultados numéricos obtenidos en la búsqueda de datos.

El análisis comparativo entre ambas variables por distrito y por año mediante este método obliga a que ambas variables presenten la misma categoría de valor (porcentaje, número entero, texto). La comparación de cantidades económicas (€) frente a porcentaje de área arbolada (%) no es viable, por lo que se realizó una recategorización de ambas variables, estableciendo rangos como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 1):

Rango	Renta per cápita (€)	% área urbana arbolada
Alto	24.000 - 27.000	X => 8%



Medio	19.000 - 24.000	5% <= X < 8%
Bajo	15.000-19.000	X < 5%

Tabla 1. Criterio establecido para clasificar los distritos en función de la renta per cápita y el porcentaje de área arbolada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras inaugurar un proceso del cálculo del NDVI de los distritos, procedemos a cotejar el mismo con el nivel de ingresos medio de los distritos de la capital (Tabla 2). Éstos muestran un panorama de lo más polarizado, sirviendo de escenario para las rentas más bajas y altas de la nación. En su mayoría, la segregación urbanística es resultado del nivel socioeconómico, cuestión ligada al tipo de servicios ofrecidos en el área y su respectivo nivel de exclusividad. La tendencia desvela que la ciudad de Madrid distribuye en los barrios diferentes agendas públicas. Éstas se construyen de forma genuina, atendiendo a las necesidades y aspiraciones de los diferentes espacios urbanos.

N o	Distrito	Lustro 1		Lustro 2		Lustro 3	
		% arbolado ur bano	Rent a per cápit a	% arbolado ur bano	Renta per cáp ita	% arbolado ur bano	Renta per cápit a
1	Centro	2,20 %	21.73 3	4,10 %	23.083	8,10 %	22.69 8
2	Arganzuel a	1,20 %	21.89 6	2,70 %	22.796	8,50 %	22.58 8
3	Retiro	7,70 %	24.88	11,90 %	26.252	17,60 %	25.71



			7				4
4	Salamanca	0,40 %	26.14 5	1,50 %	26.720	4,90 %	26.34 4
5	Chamartín	0,30 %	25.52 6	2,00 %	26.560	7,90 %	26.10 0
6	Tetuán	0,10 %	20.45 6	1,10 %	20.640	4,60 %	20.35 6
7	Chamberí	0,20 %	25.06 8	0,80 %	26.156	3,50 %	25.85 5
8	Fuencarral - El Pardo	1,40 %	21.80 7	1,20 %	22.239	4,10 %	22.00 6
9	Moncloa - Aravaca	6,30 %	23.96 2	7,20 %	25.202	18,40 %	25.14 1
10	La Latina	0,90 %	18.36 4	2,10 %	18.379	5,90 %	18.16 5
11	Carabanchel	0,80 %	17.56 5	2,20 %	17.165	6,80 %	16.80 9
12	Usera	0,60 %	16.34 5	1,60 %	16.043	7,30 %	16.12 2
13	Puente de Vallecas	0,40 %	16.36 5	1,60 %	15.844	6,30 %	15.71 5
14	Moratalaz	0,30 %	19.99 2	2,40 %	20.212	8,20 %	20.03 2



15	Ciudad Lineal	0,20 %	20.460	1,90 %	20.450	7,60 %	20.233
16	Hortaleza	1,10 %	21.417	2,70 %	22.413	6,30 %	22.031
17	Villaverde	0,40 %	16.647	0,80 %	16.029	3,50 %	15.946
18	Villa de Vallecas	0,20 %	18.768	0,40 %	18.843	1,30 %	18.419
19	Vicálvaro	0,10 %	18.530	0,20 %	18.399	1,00 %	18.238
20	San Blas - Canillejas	0,60 %	19.452	1,10 %	19.300	3,90 %	19.194
21	Barajas	1,50 %	23.268	2,60 %	24.133	6,60 %	23.803

Tabla 2. Porcentaje de área arbolada respecto al área total y renta per cápita de cada distrito. Los datos de cada lustro representan las medias de los años 2006-2010, 2011-2015 y 2016-2020.

Leyenda (ver Tabla 1): rojo, rango bajo; naranja, rango medio; verde, rango alto.

Si bien los dos primeros lustros sufren un estancamiento cuantitativo, dado que la cobertura vegetal posee un papel residual en la primera década del milenio, contemplamos una tendencia al alza que alcanza su clímax tras la recuperación de la crisis económica del 2008. Cabe subrayar que esta circunstancia altera la trazabilidad estadística, puesto que el suceso irrumpe en el panorama inaugurando una fuerte repercusión. Tras aminorar el impacto de la crisis económica, saneando las cuentas estatales, municipales y familiares, queda inaugurada la estrategia de sostenibilidad que hoy abanderan los poderes fácticos. Por esta razón, es en el último lustro donde advertimos una apuesta en firme por la



naturalización del espacio urbano. Queda por precisar si atiende a una convicción de naturaleza moral o, por el contrario, responde a una estrategia de posicionamiento.

CONCLUSIONES

Lejos de confirmar nuestra hipótesis sin contemplar sus matices, en el proceso hemos advertido que no podemos responder a una distribución estructural, puesto que estamos inmersos en una fase de desarrollo. De manera complementaria, con vistas a ofrecer una perspectiva largo placista de los datos obtenidos, el estudio se postula como muestra, en fase preliminar, para el futuro diseño de estrategias de integración medioambiental en las políticas urbanas de la ciudad de Madrid.

En el análisis descubrimos que las zonas con rentas más bajas conceden primacía a necesidades de carácter primario, atendiendo al cortoplacismo al que instan sus dificultades económicas. Por su parte, las áreas que registran niveles socioeconómicos más elevados pueden permitirse ceder una cuota al desarrollo medioambiental, apostando por modelos de naturalización que requieren de inversiones financieras.

Todo ello nos lleva a afirmar que existen fuertes injerencias entre el nivel socioeconómico y la naturalización del espacio urbanístico. El presente estudio persigue defender la democratización de la causa medioambiental, denunciando así toda práctica discriminatoria que privilegie a sectores de la sociedad. La ecología escapa del mercantilismo, puesto que responde a los principios de sostenibilidad, construida sobre el tridente de crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar de las sociedades en su conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

Abutaleb, K., Mudede, M.F., Nkongolo, N. &Newete, S.W. (2021). Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs poor suburbs in the city of Johannesburg. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24 (3-1), pp. 343-351.

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (2011). Atlas Climático Ibérico. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España.*



- BibGuru. (n.d.). Bibguru.Com. Retrieved October 09, 2021,
from <https://app.bibguru.com/p/efa216f6-3bd9-4cfe-93e8-9c963454d595>
- Casey, J., James, P., Cushing, L., Jesdale, B., & Morello-Frosch, R. (2017). Race, ethnicity, income concentration and 10-year change in urban greenness in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1546.
- Gamez, M. J. (s/f). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. www.un.org. Recuperado el 10 de octubre de 2021,
de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ITT Visual Information Solutions. (2009). ENVI Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide. Recuperado de: https://www.l3harrisgeospatial.com/portals/0/pdfs/envi/flaash_module.pdf
- Kong, F., Nakagoshi, N. (2006). Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. *Landscape and Urban Planning*, 78 (3), pp. 147-164.
- López-Acevedo Reguerín, M., Poch Claret, R. M., & Porta Casanellas, J. (2019). Edafología: uso y protección de suelos. *Mundi-Prensa Libros*.
- Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyp, T., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Halik, T., Sawut, M., Caetano, M. (2014). Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89, pp. 59-66.
- Sadeh, M., Brauer, M., Dankner, R., Fulman, N., & Chudnovsky, A. (2021). Remote sensing metrics to assess exposure to residential greenness in epidemiological studies: A population case study from the Eastern Mediterranean. *Environment International*, 146 (106270), 106270.
- Su, J. G., Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Bartoll, X., & Jerrett, M. (2019). Associations of green space metrics with health and behavior outcomes at different buffer sizes and remote sensing sensor resolutions. *Environment International*, 126, 162–170.
- Vibhute, A. D., Kale, K. V., Dhupal, R. K. & Mehrotra, S. C. (2015). Hyperspectral imaging data atmospheric correction challenges and solutions using QUAC and FLAASH algorithms. *2015 International Conference on Man and Machine Interfacing (MAMI)*, pp. 1-6.



- Weng, Q., Lu, D., Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89 (4), pp. 467-483.
- Zhou, X., Wang, Y.-C. (2011). Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and Urban Planning*, 100 (3), pp. 268-277.